

**UNIVERSITÄT
BAYREUTH**

Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften

Lehrstuhl Didaktik der Biologie

Biodiversitätsbildung am Beispiel des Ökosystems Wald

Eine empirische Studie zum Erwerb biodiversitätsbezogenen Wissens
unter dem Einfluss von Umwelteinstellungen und Faszination

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades

Doctor rerum naturalium
(Dr. rer. nat.)

der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften
der Universität Bayreuth

vorgelegt von

Jennifer Schneiderhan-Opel
geboren in Heidenheim an der Brenz

Bayreuth, Februar 2020

Die vorliegende Arbeit wurde in der Zeit von Februar 2017 bis Februar 2020 am Lehrstuhl der Didaktik der Biologie der Universität Bayreuth unter Betreuung von Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner angefertigt.

Vollständiger Abdruck der von der Fakultät für Biologie, Chemie und Geowissenschaften der Universität Bayreuth genehmigten Dissertation zur Erlangung des akademischen Grades einer Doktorin der Naturwissenschaft (Dr. rer. nat.).

Dissertation eingereicht am: 03.02.2020

Zulassung durch die Promotionskommission: 12.02.2020

Wissenschaftliches Kolloquium: 15.05.2020

Amtierender Dekan: Prof. Dr. Matthias Breuning

Prüfungsausschuss:

Prof. Dr. Franz X. Bogner (Gutachter)

Prof. Dr. Ludwig Haag (Gutachter)

Prof. Dr. Bettina Engelbrecht (Vorsitz)

PD Dr. Gregor Aas

Danksagung

Zunächst möchte ich mich bei meinem Doktorvater, Herrn Prof. Dr. Franz X. Bogner, bedanken. Ich danke Ihnen für das mir entgegengebrachte Vertrauen in Bezug auf eine selbstständige Arbeitsweise, die Abhaltung der Hochschullehre, die Mitarbeit an nationalen und internationalen Projekten sowie den Besuch von Tagungen im In- und Ausland. Vielen Dank, dass Sie mir den nötigen Freiraum gegeben haben meine eigenen Erfahrungen zu sammeln und dass ich dabei immer auf Ihren Rückhalt zählen durfte.

Ich bedanke mich bei Herrn Prof. Dr. Haszprunar und seinem Team an der Zoologischen Staatssammlung München für die gute Zusammenarbeit innerhalb unseres DNA-Barcoding-Projektes.

Mein Dank gilt Frau Feuerstein für ihre tatkräftige Unterstützung bei allen organisatorischen oder bürokratischen Herausforderungen.

Bei Herrn Dr. Scharfenberg möchte ich mich für seine Hilfsbereitschaft und Unterstützung, vor allem in Bezug auf die Lehrveranstaltungen und statistische Fragen, bedanken.

Ganz herzlich bedanken möchte ich mich bei Frau Hübner. Danke, dass Sie immer ein offenes Ohr für meine Anliegen hatten und danke für jeden Ihrer hilfreichen Ratschläge und Lebensweisheiten. Sie waren mir in meiner Entwicklung am Lehrstuhl immer eine große Unterstützung.

Danke, sage ich meinen lieben ehemaligen und derzeitigen Kolleginnen. Wir haben gemeinsam so einiges erlebt und durchgestanden. Ob in Köln, Athen, Marathon, Zaragoza, Baltimore, Wien oder Bayreuth – danke für die unglaublich schöne und unvergessliche Zeit mit euch!

Mein besonderer Dank gilt meinem Mann, meiner Familie und meinen engsten Freunden. Danke für euer Verständnis, euer offenes Ohr und eure Schulter zum Anlehnen, wenn ich mal wieder an mir und meinem Vorhaben gezweifelt habe – ohne eure immerwährende Unterstützung hätte ich die Herausforderungen der letzten Jahre nicht meistern können.

Inhalt

1 SUMMARY.....	11
2 ZUSAMMENFASSUNG	13
3 SYNOPSIS.....	15
3.1. Einleitung.....	15
3.2. Theoretischer Hintergrund	17
3.2.1. Schülervorstellungen zur Biodiversität	17
3.2.2. Faszination als motivationale Lernvoraussetzung	18
3.2.3. Umweltwissen und Umwelteinstellungen.....	19
3.2.4. Citizen Science im Kontext der Biodiversitätsbildung	20
3.3. Ziele und Fragestellungen der Teilarbeiten	22
3.4. Methoden	25
3.4.1. Stichprobe und Studiendesign	25
3.4.2. Ausführliche Beschreibung des Unterrichtsmoduls (Teilarbeit B)	25
3.4.3. Erhebungsinstrumente und Datenauswertung	29
3.5. Ergebnisse und Diskussion.....	34
3.5.1. Teilarbeit A	34
3.5.2. Teilarbeit B.....	36
3.5.3. Teilarbeit C	36
3.5.4. Teilarbeit D	39
3.6. Schlussfolgerungen und Ausblick	41
4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS	44
5 TEILARBEITEN	55
5.1. Publikationsliste.....	55
5.2. Darstellung des Eigenanteils	56
5.3. Teilarbeit A.....	57
5.4. Teilarbeit B.....	77
5.5. Teilarbeit C.....	107
5.6. Teilarbeit D	133
ANHANG.....	I
Fragebogen	I
(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen.....	XIII

Hinweis auf diversitätsgerechten Sprachgebrauch:

Aus Gründen der besseren Lesbarkeit wird in der vorliegenden Arbeit für personenbezogene Bezeichnungen das generische Maskulinum verwendet. Wann immer möglich, werden geschlechterübergreifende Pluralformen verwendet. Es wird an dieser Stelle ausdrücklich darauf hingewiesen, dass die ausschließliche Verwendung der männlichen Form geschlechtsunabhängig verstanden werden und alle Geschlechteridentitäten einbeziehen soll. In Abschnitten, in denen explizit auf Geschlechterunterschiede eingegangen wird, werden die geschlechterspezifischen Bezeichnungen verwendet.

1 SUMMARY

Biodiversity is threatened worldwide by anthropogenic influences. To counteract the continuing loss of biodiversity is one of the greatest global challenges of our time. The protection of biological diversity requires not only action at the political level but also the active and responsible participation of citizens. Making environmentally relevant decisions as well as acting ecologically and sustainably depends on scientific literacy. The acquisition of scientific knowledge is determined by various factors, such as individual conceptions, motivation and interest. Educational measures are considered to be a particularly suitable means to promote civic involvement, as they can impart environmental knowledge and can provide incentives to develop positive attitudes as well as courses of responsible action.

Existing literature on individual conceptions about biodiversity is primarily focused on the general public, while only a few studies so far have assessed students' perceptions. In view of possible changes in awareness due to the increasing popularity of the topic and political education initiatives, such as the UN Decade of Biological Diversity (2011-2020) or the Agenda 2030 for Sustainable Development, the present study first examined the status quo in a sample of 275 10th graders of Bavarian secondary schools. For this purpose, students' conceptions of the biodiversity concept and the appreciation of biological diversity were analyzed using a qualitative approach (study A). Conceptions about the biodiversity concept showed a familiar picture: most of the participants equated biodiversity with species diversity, while genetic diversity and ecosystem diversity were neglected. Nevertheless, the students showed a generally appreciative attitude towards biodiversity. The benefits of biological diversity were viewed equally from both an anthropocentric and an ecocentric perspective, whereas the conservation of biodiversity was predominantly justified from an ecocentric point of view.

In study B, a curriculum compliant learning module on the protection and use of biodiversity was developed. With the overall goal of promoting relevant knowledge and creating awareness for the conservation of biodiversity, the topic was explored based on the example of the forest ecosystem. Following a student-centered and self-determined learning approach, the module was planned and implemented by means of a learning circle with four learning stations. An important component of the lesson was the integration of a citizen science project, for which the students collected DNA barcoding samples in native forests. The study participants were thus involved in an authentic scientific process and made a direct contribution to Bavarian biodiversity monitoring within the scope of the project *Barcoding Fauna Bavarica*.

Studies C and D focused on the empirical evaluation of the learning module. Previous knowledge, short-term knowledge acquisition directly after participation in the module, and knowledge

1 SUMMARY

retention after six weeks were measured using a pre-, post- and follow-up test. In addition, environmental attitudes were measured at one test time and fascination for biology was recorded at all test times. For external control, another group of students filled in the questionnaires without participating in the module.

With regard to environmentally relevant knowledge, all students showed successful knowledge acquisition, both in the short and long term (study C). Furthermore, knowledge was related to the environmental values of the participants. At all test times, knowledge correlated positively with notions of nature preservation but negatively with notions of nature utilization. In a sub-module directly related to the Citizen Science activity, an unexpected result was found: half of the students achieved higher knowledge scores in the post-test test than in the follow-up test. In addition, these students scored significantly higher on the attitude *appreciation of nature* than the rest of the sample.

Furthermore, knowledge acquisition was clearly related to fascination for biology (study D). All students learned in relation to their prior knowledge, but students with higher fascination scores profited most since they retained what they had learned over the long term and achieved the highest overall increase in knowledge.

2 ZUSAMMENFASSUNG

Die biologische Vielfalt ist weltweit durch anthropogene Einflüsse bedroht. Dem anhaltenden Biodiversitätsverlust entgegenzutreten stellt eine der größten globalen Herausforderungen unserer Zeit dar. Der Schutz der biologischen Vielfalt erfordert nicht nur Handeln auf politischer Ebene, sondern auch die aktive und verantwortungsvolle Partizipation mündiger Bürger. Das Treffen umweltrelevanter Entscheidungen sowie ökologisches und nachhaltiges Handeln sind abhängig von naturwissenschaftlicher Grundbildung. Deren Aneignung wird von verschiedenen Faktoren, wie individuellen Vorstellungen, Motivation und Interesse, bedingt. Bildungsmaßnahmen gelten als in besonderem Maße geeignetes Mittel bürgerschaftliches Engagement zu fördern, da sie umweltbezogenes Wissen vermitteln und Anreiz zur Entwicklung positiver Einstellungen sowie verantwortender Handlungsalternativen geben können.

Bestehende Literatur über individuelle Vorstellungen zur Biodiversität ist weitestgehend auf die breite Öffentlichkeit fokussiert und nur wenige Studien haben sich bisher mit Schülervorstellungen beschäftigt. Vor dem Hintergrund möglicher Wahrnehmungsveränderungen bedingt durch die zunehmende Popularität des Themas und politische Bildungsinitiativen, wie der UN Dekade Biologische Vielfalt (2011-2020) oder der Agenda 2030 für nachhaltige Entwicklung, wurde in der vorliegenden Arbeit zunächst der Status quo bei einer Stichprobe von 275 Schülern der 10. Jahrgangsstufe des bayerischen Gymnasiums untersucht. Hierfür wurden Schülervorstellungen zum Biodiversitätskonzept sowie der Wertschätzung biologischer Vielfalt mittels eines qualitativen Ansatzes erhoben (Teilarbeit A). In Bezug auf das Biodiversitätskonzept zeigte sich ein bekanntes Bild: Der Großteil der teilnehmenden Schüler setzte Biodiversität mit Artenvielfalt gleich, während genetische Vielfalt und Ökosystemvielfalt vernachlässigt wurden. Ungeachtet dessen zeigten die Schüler eine allgemein wertschätzende Haltung. Der Nutzen der biologischen Vielfalt wurde gleichermaßen aus anthropozentrischer als auch aus ökozentrischer Sicht betrachtet, wohingegen der Erhalt der Biodiversität überwiegend ökozentrisch begründet wurde.

In Teilarbeit B wurde ein lehrplankonformes Unterrichtsmodul zum Thema Schutz und Nutzen der Biodiversität entwickelt. Mit dem übergeordneten Ziel, biodiversitätsrelevantes Wissen zu fördern sowie Bewusstsein für den Schutz und Erhalt der Biodiversität zu schaffen, wurde die Thematik exemplarisch am Beispiel des Ökosystems Wald erarbeitet. Einem schülerzentrierten und selbstbestimmten Lernansatz folgend, wurde das Modul in Form eines Lernzirkels mit vier Lernstationen geplant und durchgeführt. Wichtiger Bestandteil war die Einbindung eines Citizen-Science-Projektes, für welches die Schüler Waldstreu-Proben aus Wäldern ihrer Heimatregion sammelten. In Kooperation mit der Zoologischen Staatssammlung München wurden die Proben zu einer DNA-Barcoding-Analyse innerhalb des Projektes *Barcoding Fauna Bavarica* herangezogen.

2 ZUSAMMENFASSUNG

Die Schüler waren somit in einen authentischen wissenschaftlichen Prozess eingebunden und leisteten einen direkten Beitrag zum bayernweiten Biodiversitätsmonitoring.

Die Teilarbeiten C und D konzentrierten sich auf die empirische Evaluation des Unterrichtsmoduls. Mittels eines Vor-, Nach- und Behaltenstests wurden das Vorwissen, der kurzfristige Wissenserwerb direkt nach der Teilnahme am Modul und die Behaltensleistung nach sechs Wochen gemessen. Zusätzlich wurden Umwelteinstellungen zu einem Testzeitpunkt und Faszination für Biologie zu allen Testzeitpunkten erfasst. Zur externen Kontrolle füllte eine weitere Schülergruppe die Fragebögen ohne Teilnahme am Modul aus.

Bezüglich des umweltrelevanten Wissens zeigte sich bei allen Schülern ein erfolgreicher Wissenserwerb, sowohl kurzfristig als auch langfristig (Teilarbeit C). Das erworbene Wissen stand darüber hinaus in einem positiven linearen Zusammenhang zu den bestehenden Umwelteinstellungen der teilnehmenden Schüler. Zu allen Testzeitpunkten korrelierte das Wissen positiv mit Naturschutz-Präferenzen und negativ mit Naturnutzungs-Präferenzen. In einem Teilmodul mit direktem Bezug zu Citizen-Science-Aktivität zeigte sich ein unerwartetes Ergebnis: Die Hälfte aller Schüler erzielte im Behaltenstest höhere Wissenswerte als im Nachtest. In Bezug auf die Wertschätzung der Natur zeigten diese Schüler signifikant höhere, positive Einstellungen als die Schüler der übrigen Stichprobe.

Des Weiteren stand der Wissenserwerb in einem klaren Bezug zur Faszination für Biologie (Teilarbeit D). Zwar lernten alle Schüler in Relation zu ihrem Vorwissen dazu, Schüler mit höherer Faszination profitierten jedoch insgesamt am meisten, da sie Gelerntes langfristig behielten und insgesamt den höchsten Wissenszuwachs erzielten.

3 SYNOPSIS

3.1. Einleitung

„Man liebt nur, was man kennt, und man schützt nur was man liebt.“

Prof. Dr. Konrad Z. Lorenz, Verhaltensforscher (1903-1989)

Was veranlasst Menschen zu umweltgerechtem Verhalten? Welche Rolle spielen dabei Wissen, persönliche Einstellungen und Erfahrungen? Angesichts des anhaltenden Biodiversitätsverlustes werden diese Fragen drängender denn je. Wissenschaftler warnen vor dem Eintreten eines sechsten Massensterbens, ausgelöst durch anthropogene Einflüsse wie Konsumverhalten und Überpopulation (C. N. Johnson et al., 2017). Nach der allgemein anerkannten Definition der Biodiversitätskonvention (engl. Convention on Biological Diversity, CBD) beschränkt sich der Begriff der Biodiversität jedoch nicht nur auf die Artenvielfalt, sondern schließt auch Ökosystemvielfalt sowie genetische Vielfalt ein (CBD, 2004). Darüber hinaus bezieht sich biologische Vielfalt nicht nur auf die Anzahl, sondern unter anderem auch auf die relative Häufigkeit, die Zusammensetzung, die räumliche Verteilung und die Wechselwirkung von Arten, Genotypen oder funktionellen Gruppen innerhalb der Ökosysteme (Díaz et al., 2006). Biodiversität bedingt dadurch Ökosystemfunktionen und -dienstleistungen. Letztere sind Güter und Leistungen, die von Ökosystemen bereitgestellt werden und in direktem Bezug zu menschlichem Wohlbefinden stehen (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Beispiele sind die Bestäubung von Obstblüten durch Insekten, die Bereitstellung des Rohstoffes Holz oder der Erholungswert von Naturräumen. Aufgrund dieses komplexen Gefüges ergeben sich weitreichende Folgen des Biodiversitätsverlustes für Natur und Mensch, auf lokaler sowie globaler Ebene (Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES, 2019).

Der Schutz der Biodiversität und die nachhaltige Nutzung der Natur ist seit Jahrzehnten Teil der globalen politischen Agenda. Bereits 1993 trat das Übereinkommen über die biologische Vielfalt in Kraft, welches bis heute von 196 Staaten unterzeichnet wurde und das Ziel verfolgt, den Verlust der Biodiversität signifikant zu reduzieren (CBD, 2004). Nachdem die zunächst bis 2010 gesetzten Ziele nicht erreicht werden konnten, wurde für die Periode 2011-2020 ein strategischer Plan für den Erhalt der Biodiversität verabschiedet und für dessen Umsetzung die sogenannten Aichi-Ziele formuliert (CBD, 2010). Im Jahr 2010 wurde außerdem, auf Empfehlung der CBD, die *UN-Dekade für biologische Vielfalt* für die Jahre 2011-2020 ausgerufen, die zusätzlich zur Umsetzung der Aichi-Ziele beitragen soll. Zur Eindämmung des Biodiversitätsverlustes beziehen die Aichi-Ziele auch eine verbesserte Wahrnehmung der Biodiversität und ihrer Leistungen in der

3 SYNOPSIS

Gesellschaft, sowie nachhaltiges Verhalten der Bevölkerung mit ein. Denn der Biodiversitätsverlust ist nicht allein durch Handeln auf politischer Ebene und die Fällung von Top-down-Entscheidungen reduzierbar (Ehrlich & Pringle, 2008). Vielmehr müssen unterschiedlichste Akteure und die breite Öffentlichkeit befähigt und gewillt sein, zum Schutz der Biodiversität beizutragen. Daraus ergibt sich ein unmittelbarer Auftrag zur Biodiversitätsbildung.

Im schulischen Kontext findet Biodiversitätsbildung im Sinne einer Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) vorrangig im Biologieunterricht, jedoch in fächerübergreifender Zusammenarbeit, statt (Sturm & Berthold, 2015). Das übergeordnete Ziel hierbei ist es, Lernende durch einen Wissens- und Kompetenzerwerb für eine Wertschätzung der Biodiversität und für ein ökologisches Verantwortungsbewusstsein zu sensibilisieren (Novacek, 2008). Lernende sollen befähigt werden, Entscheidungen in Bezug auf sozio-ökologische Fragen zu treffen und Handlungsoptionen kritisch abzuwägen (Eggert & Bögeholz, 2009). Dabei stellt die Thematik Lehrende und Lernende vor verschiedene Herausforderungen (Navarro-Perez & Tidball, 2012). Zum einen ist das eingangs beschriebene Konzept der Biodiversität komplex und verlangt eine didaktische Reduktion, d.h. eine adressatengerechte Aufbereitung bei gleichzeitiger Wahrung der fachlichen Richtigkeit (Killermann et al., 2018). Zum anderen hat das Thema Biodiversität einen wertbehafteten Charakter. Es handelt sich zwar grundlegend um eine wissenschaftliche Thematik, jedoch haben die damit verbundenen Fragestellung weitreichende Auswirkungen auf die Gesellschaft (im engl. Sprachraum werden Themen dieser Art als *socio-scientific issues* bezeichnet; Ratcliffe & Grace, 2003). Ein biodiversitätsbildender Ansatz muss daher neben einer wissenschaftlichen und ökologischen Betrachtung auch soziale, politische, ökonomische und kulturelle Perspektiven einbeziehen (van Weelie & Wals, 2002). Zudem stehen Lehrkräfte bei der didaktischen Umsetzung unter dem Druck zeitlicher Einschränkungen sowie der Einhaltung der Lehrplankonformität (Gayford, 2000; Lindemann-Matthies & Bose, 2008).

Die vorliegende Arbeit widmet sich verschiedenen Teilaspekten der Biodiversitätsbildung. Den Schwerpunkt bilden die Konzeption und Evaluation eines Unterrichtsmoduls, in dessen Mittelpunkt ein Citizen-Science-Projekt steht. Die einzelnen Teilarbeiten überprüfen kognitive und affektive Komponenten: Schülervorstellungen zur Biodiversität sowie den Erwerb biodiversitätsbezogenen Wissens und dessen Zusammenhang zu Umwelteinstellungen und Faszination. Die Synopsis der Teilarbeiten gliedert sich in einen theoretischen und einen empirischen Teil. Zunächst findet eine Auseinandersetzung mit dem aktuellen Forschungsstand zu den kognitiv-affektiven Elementen und der unterrichtlichen Einbindung von Citizen Science statt (Kapitel 3.2.). Anschließend werden, ausgehend von den wissenschaftlichen Fragestellungen (Kapitel 3.3.) und der angewandten Methodik (3.4.), die Ergebnisse der Teilarbeiten dargestellt und in Bezug auf vorhandene Literatur diskutiert (Kapitel 3.5.).

3.2. Theoretischer Hintergrund

3.2.1. Schülervorstellungen zur Biodiversität

Eine individuelle Förderung von Lernenden ist eine der Hauptaufgaben schulischer Bildung und gilt nach dem Bayerischen Gesetz über das Erziehungs- und Unterrichtswesen (BayEUG) als Recht von Schülern (Haag & Streber, 2014). Gleichzeitig sehen sich Lehrkräfte bei der Umsetzung eines produktiven Umgangs mit der Heterogenität von Schulklassen vor eine große Herausforderung gestellt (Gröhlich et al., 2009). Heterogenität bezieht sich hierbei auf individuelle soziale, kulturelle sowie leistungsbezogene Voraussetzungen von Schülern (ebd.). Eine individuelle Förderung der Lernenden erfordert die Bewusstmachung und die Auseinandersetzung mit deren Heterogenität. Individuelles Lernen innerhalb heterogener Schulklassen soll im Unterricht durch innere Differenzierung (Binnendifferenzierung) gefördert werden. Deren Umsetzung kann nur auf Grundlage und unter Beachtung der unterschiedlichen Lernvoraussetzungen der Lernenden erfolgen, d.h. der Unterricht muss an den Vorerfahrungen und Vorkenntnissen der Schüler anknüpfen (Prediger & Aufschnaiter, 2017). Einen dieser Ausgangspunkte für erfolgreiches Lernen bilden subjektive Vorstellungen von Schülern.

Basierend auf lebensweltlichen Vorerfahrungen besitzen Schüler individuelle Vorstellungen zu einem Lerngegenstand. Diese vorunterrichtlichen Vorstellungen werden in der Fachliteratur auch als Alltagsvorstellungen, Präkonzepte oder Schülervorstellungen bezeichnet (Kattmann, 2007a). Ausgehend von einer moderat konstruktivistischen Auffassung konstruieren Lernende ihr Wissen aktiv und selbstreguliert, indem sie auf bereits vorhandene Vorstellungen und Gelerntes zurückgreifen und daran anknüpfen (Riemeier, 2007). Schülervorstellungen stimmen jedoch nicht immer mit wissenschaftlichen Konzepten überein und nicht immer erscheinen wissenschaftliche Erklärungen zunächst plausibel oder alltagstauglich (Schrenk et al., 2019). Die individuellen Präkonzepte von Schülern können daher sowohl Lernchancen darstellen als auch Lernschwierigkeiten verursachen (Kattmann, 2007b). Das radikale Auslöschung und Ersetzen von Alltagsvorstellungen mit fachlich richtigen Konzepten im Sinne eines „didaktischen Exorzismus“ (Gropengießer, 2006, S. 96), ist im Hinblick auf die beschriebene konstruktivistische Auffassung von Lernen nicht anzustreben. Vielmehr sollten vorunterrichtliche Konzepte in Beziehung zu fachlichen Vorstellungen gesetzt und kontextabhängig betrachtet werden. Aufgrund ihrer Schlüsselrolle in Lernprozessen, ist die Erhebung und Erforschung von Schülervorstellungen von hoher Relevanz für die unterrichtspraktische Planung und die Effektivität von Umweltbildungsmaßnahmen.

Studien zu Vorstellungen über die biologische Vielfalt waren bisher hauptsächlich auf die Wahrnehmung der Biodiversität in der breiten Öffentlichkeit fokussiert. Studienteilnehmer aus ver-

3 SYNOPSIS

schiedenen europäischen Ländern, den USA und Canada, zeigten ähnliche Präkonzepte: überwiegend hatten sie eine geringe Kenntnis des Begriffs und ihre Vorstellungen von Biodiversität waren meist auf die Artenvielfalt reduziert (z.B. Arbuthnott & Devoe, 2014; Hunter & Brehm, 2003; Lindemann-Matthies & Bose, 2008; Turner-Erfort, 1997). Jedoch konnten Teilnehmer in Fokusgruppen-Interviews, trotz geringer Vertrautheit mit dem Begriff der Biodiversität, Assoziationen zu Konzepten wie Nahrungsnetzen oder der Mensch-Umwelt-Beziehungen ziehen (Buijs et al., 2008; Fischer & Young, 2007). Die seit 2007 dreijährlich stattfindende, repräsentative Interview-Studie der Europäischen Kommission schließt verschiedene Altersgruppen ab 15 Jahren ein, verwendete allerdings für die deutschsprachige Stichprobe bis 2015 den Begriff „Artenvielfalt“ statt des umfassenderen Begriffes „Biodiversität“. In der Befragung 2015 wiesen deutsche und österreichische Befragte im Vergleich zu den Vorjahren geringere Kenntnis der Biodiversität auf. Die Autoren führen dies auf die Verwendung des Begriffs „Biodiversität“ zurück, der im deutschen Sprachraum wenig verbreitet scheint (European Commission, 2015).

Nur wenige Studien haben sich bisher explizit mit Schülervorstellungen zur Biodiversität befasst. Zum Beispiel verglichen Menzel und Bögelholz (2006) die Vorstellungen von chilenischen und deutschen Schülern. Bermudez und Lindemann-Matthies (2018) untersuchten das Verständnis von Biodiversität bei argentinischen Jugendlichen und Kilinc et al. (2013) analysierten Alltagsvorstellungen bei türkischen Schülern. In allen drei Studien zeigte sich ein vergleichbares Bild: die Vorstellungen der Schüler waren weitestgehend auf die Ebene der Artenvielfalt reduziert. Trotzdem stellten auch die Jugendlichen Bezüge zu assoziierten Konzepten, wie z.B. Nahrungsnetzen, her.

3.2.2. Faszination als motivationale Lernvoraussetzung

Motivationale Fähigkeiten bilden einen weiteren Teilaspekt der Lernvoraussetzungen, die das Lernen im Unterricht beeinflussen (Prediger & Aufschnaiter, 2017). Im unterrichtlichen Kontext spielt Motivation eine fundamentale Rolle, da sie unter anderem entscheidend für die Anstrengung, das Engagement, den Lernerfolg sowie die Selbstkontrolle des Lernfortschritts von Lernen ist (vgl. Schunk & Zimmerman, 2012). In der vorliegenden Arbeit wurde das motivationale Konstrukt der Faszination in Zusammenhang zum Erwerb umweltrelevanten Wissens betrachtet.

Nach Otto et al. (2019) kann Faszination als die einstellungsbezogene Ebene intrinsischer Motivation verstanden werden. Der konzeptionelle Ansatz des Konstruktes Faszination basiert auf dem Drei-Komponenten-Modell der Einstellungen nach Rosenberg und Hovland (1960). Demnach setzen sich Einstellung aus einer kognitiven, affektiven und verhaltensbezogenen Komponente zusammen. Faszination für Naturwissenschaften stellt ein latentes Konstrukt dar, das nicht direkt beobachtbar ist. Es wird aber anhand seiner drei Dimensionen messbar. Die kognitive

Komponente spiegelt sich wider in der Wissbegierde einer Person und ihrer Bereitschaft, ihr Wissen und ihre Fähigkeiten zu erweitern. Die affektive Dimension ist charakterisiert durch positive Gefühle und Einstellungen gegenüber Naturwissenschaften sowie emotionalen Reaktionen auf naturwissenschaftliche Lerngegenstände. Die freiwillige Ausübung von Aktivitäten mit Bezug zur Naturwissenschaft spiegelt die verhaltensbezogene Dimension wider.

Wie stellt man sich also Schüler vor, die besonders fasziniert von Naturwissenschaften sind? Sie machen sich ihre eigenen Wissenslücken bewusst und sind gewillt den nötigen Aufwand zu betreiben, um diese zu schließen; sie haben große Freude daran, neue Kompetenzen und Fähigkeiten zu erlangen und suchen nach Möglichkeiten, ihren Erfahrungsschatz zu erweitern; sie beschäftigen sich auch in ihrer Freizeit regelmäßig mit naturwissenschaftlichen Themen und ihre Freizeitaktivitäten haben Bezug zur Naturwissenschaft (vgl. Bonnette et al., 2019).

Bonnette et al. (2019) haben die Faszination folglich als die Liebe zur Naturwissenschaft bezeichnet. Sie fassen unter dem Begriff der Faszination drei motivationale Aspekte zusammen, die sich gegenseitig bedingen: Interesse, Neugier und Lernzielorientierung (engl. mastery goal orientation; Elliot & McGregor, 2001). Letztere beschreibt kurzgefasst ein Streben nach Wissenszuwachs und nach der Beherrschung von Kompetenzen. Alle drei Aspekte sind Gegenstand intensiver psychologischer und didaktischer Forschung und werden unter anderem in Verbindung mit Lernerfolg gebracht (Harackiewicz et al., 2008; Hidi & Renninger, 2006; Markey & Loewenstein, 2014). Das Konstrukt der Faszination und dessen Zusammenhang zu unterrichtlichem Lernen ist jedoch bisher nur wenig erforscht.

3.2.3. Umweltwissen und Umwelteinstellungen

Neben persönlichen Einstellungen, Interessen und Motivation, wird umweltbezogenem Wissen eine bedeutende Rolle für die Entwicklung umweltfreundlichen und nachhaltigen Verhaltens zugeschrieben (Kaiser et al., 2008). Grundlegendes ökologisches Wissen und Verständnis bilden die Grundvoraussetzung für die Entwicklung der Fähigkeit sozio-ökologische Problemstellungen zu bewerten, Handlungsoptionen abzuwägen und umweltrelevante Entscheidungen zu fällen (vgl. Hogan, 2002). Empirische Studien konnten wiederholt einen Zusammenhang zwischen Umweltwissen und Umwelteinstellungen feststellen (z.B. Liefänder & Bogner, 2016; Schumm & Bogner, 2016a; Thorn & Bogner, 2018). Die Erfassung von Umweltwissen und Umwelteinstellungen innerhalb verschiedener unterrichtlicher Kontexte und Altersgruppen ist daher von hoher Relevanz für die Entwicklung effektiver Umweltbildungsmaßnahmen.

Wie die Faszination ist auch die Umwelteinstellung ein latentes Konstrukt, das nicht direkt beobachtbar ist, sondern über manifeste Indikatoren messbar gemacht werden muss. Ein validiertes Messinstrument zur Erfassung von Umwelteinstellungen ist das 2-MEV-Modell (MEV: *major*

environmental values; Wiseman & Bogner, 2003). Mittels des dichotomen Modells werden Umwelteinstellungen anhand zweier zugrundeliegender, orthogonaler Dimensionen gemessen: Naturschutz-Präferenzen (*preservation*; PRE) und Naturausnutzungs-Präferenzen (*utilization*; UTL). Naturschutz-Präferenzen spiegeln eine ökozentrische Perspektive wider, aus welcher der Natur ein Eigenwert zugeschrieben wird, den es zu erhalten gilt. Im Gegensatz dazu reflektieren Naturausnutzungs-Präferenzen eine anthropozentrische Sichtweise, bei der die Natur als eine nutzbare Ressource angesehen und deren Wert ausschließlich anhand des Nutzens für den Menschen begründet wird. Die Faktorenstruktur des Modells wurde wiederholt bestätigt und erwies sich in unabhängigen Studien als stabil (z.B. Borchers et al., 2014; B. Johnson & Manoli, 2010; Milfont & Duckitt, 2004). Unlängst wurde das 2-MEV-Modell mit Einstellungen zur Wertschätzung der Natur (*appreciation of nature*, APR; Brügger et al., 2011) in Verbindung gebracht (Bogner, 2018). Die wertschätzende Naturnutzungs-Präferenz bildet den Gegenpol zur ausbeutenden Nutzung natürlicher Ressourcen (*utilization*). Diese wertschätzende Haltung spiegelt sich in einer nachhaltigen und bewussten Nutzung der Natur und ihrer Ökosystemdienstleistungen wider, z.B. für Zwecke der körperlichen Regeneration oder Erholung (Kibbe et al., 2014).

3.2.4. Citizen Science im Kontext der Biodiversitätsbildung

Hobbywissenschaftler beobachten Störche, melden Sichtungen von invasiven Pflanzenarten oder sammeln Plastikmüll in Gewässern – Citizen Science, zu Deutsch Bürgerwissenschaft, bezeichnet einen Ansatz, bei dem Nicht-Wissenschaftler an der Erkenntnisgewinnung in authentischen wissenschaftlichen Forschungsprozessen beteiligt sind (Eitzel et al., 2017). Bereits im 18. Jahrhundert beteiligten sich interessierte Freiwillige an Vogelbeobachtungen in Finnland (Greenwood, 2007). Es handelt sich bei diesem Ansatz also um keine Neuentwicklung. Im letzten Jahrzehnt gewann Citizen Science jedoch zunehmend an Bedeutung für die wissenschaftliche Forschung, besonders für die Umweltforschung (Dickinson et al., 2010). Naturschutz und Biodiversität sind Hauptthematiken wissenschaftlicher Veröffentlichungen zu Citizen Science (Follett & Strezov, 2015; Kullenberg & Kasperowski, 2016). Citizen Science bietet die Möglichkeit, die breite Öffentlichkeit direkt in Aktivitäten zum Schutz der Biodiversität einzubinden. Die Beteiligung von Bürgerwissenschaftlern hat bereits einen erheblichen Beitrag zum Biodiversitätsmonitoring geleistet (Amano et al., 2016), das Potential von Citizen Science für die Biodiversitätsforschung ist jedoch noch längst nicht ausgeschöpft (Theobald et al., 2015).

Citizen-Science-Projekte werden nach der Intensität der Beteiligung von Bürgerwissenschaftlern (Citizen Scientists) klassifiziert (Frederking et al., 2016):

- 1) **Kooperation:** Die Bürger sind ausschließlich passiv beteiligt. Sie stellen zum Beispiel die Rechenleistung ihres Smartphones zur Verfügung oder tragen Wearables, die Daten über ihre Körperfunktionen sammeln, um sie den Wissenschaftlern bereitzustellen.
- 2) **Kollaboration:** Unter Anleitung der Wissenschaftler erheben die Bürger Daten und leiten diese weiter. Zum Beispiel melden Bürger Sichtungen von Feuersalamandern in lokalen Wäldern.
- 3) **Ko-Produktion:** Die Bürger sind an der Datenerhebung und -analyse beteiligt. Zum Beispiel sammeln Hobbyimker den gesammelten Pollen ihrer Bienenvölker und untersuchen diesen hinsichtlich seiner Diversität. Die Analysedaten zur Pollendiversität werden dann an Wissenschaftler weitergegeben.
- 4) **Ko-Design:** Bürger und Wissenschaftler erarbeiten gemeinsam Fragestellungen, wählen Methoden aus, erheben Daten, analysieren und diskutieren diese. Die volle Einbindung von Citizen Scientists in den Forschungsprozess wird zum Beispiel zur Erforschung der Erkrankung Mukoviszidose erprobt. Hierbei arbeiten Betroffene in einem Team mit Forschern an einer gemeinsamen Studie.

Während sich die Evaluation solcher Citizen-Science-Projekte zunächst in erster Linie auf den Nutzen der Methode für die wissenschaftliche Forschung (z.B. die Qualität erhobener Daten) beschränkte, ist Citizen Science heute auch Gegenstand der Bildungsforschung (Bonney et al., 2017). Vor allem im Hinblick auf den Wissenserwerb von Projektteilnehmern wurden bereits positive Ergebnisse berichtet. Seltener wurden Auswirkungen auf Interessen oder Einstellungen festgestellt (einen Überblick bieten Peter et al., 2019). Die Erkenntnisse hierzu wurden bisher primär im Bereich informeller Bildung gesammelt und nur wenige Studien haben Citizen Science in formal unterrichtlichen Kontexten untersucht (Hiller & Kitsantas, 2014; Kelemen-Finan et al., 2018). Trotz seines vielversprechenden Potentials hat Citizen Science bisher noch keinen Einzug in die unterrichtliche Praxis genommen (Shah & Martinez, 2016).

3.3. Ziele und Fragestellungen der Teilarbeiten

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich mit Aspekten der Biodiversitätsbildung. Dabei liegt der Fokus zunächst auf der Erfassung von Schülervorstellungen und Vorwissen zur Biodiversität (Teilarbeit A). Mit dem Ziel, umweltrelevantes Wissen sowie die Wertschätzung der biologischen Vielfalt zu fördern, wurde ein exemplarisches Unterrichtsmodul zum Nutzen und Schutz der Biodiversität am Beispiel des Ökosystems Wald für die 10. Jahrgangsstufe entwickelt (Teilarbeit B). Auf Grundlage des Moduls wird der kurz- und langfristige Wissenserwerb unter den Einflussfaktoren Umwelteinstellungen (Teilarbeit C) und Faszination für Biologie (Teilarbeit D) untersucht.


Teilarbeit A	Teilarbeit B	Teilarbeit C	Teilarbeit D
Vorwissen und Schülervorstellungen zur Biodiversität	Konzeption des Unterrichtsmoduls „Wald mit Zukunft“ 	biodiversitätsbezogenes Wissen & Umwelteinstellungen	biodiversitätsbezogenes Wissen & Faszination für Biologie
qualitativer Ansatz		quantitativer Ansatz	quantitativer Ansatz

Abbildung 1: Übersicht über die vier Teilarbeiten der Gesamtstudie.

Teilarbeit A: Schülervorstellungen zur Biodiversität

Wie bereits beschrieben sind, insbesondere im deutschsprachigen Raum, nur wenige Studien auf Vorstellungen von Schülern zur Biodiversität fokussiert. Darüber hinaus lassen gesellschaftlicher Wandel sowie im letzten Jahrzehnt initiierte politische Bildungsmaßnahmen, wie zum Beispiel die UN-Dekade Biologische Vielfalt, auf eine veränderte Wahrnehmung der Biodiversität hoffen. Auf Grund der Relevanz von Schülervorstellungen für die Maßnahmen der Biodiversitätsbildung, werden in dieser ersten Teilarbeit Präkonzepte von Jugendlichen zur Biodiversität, ihrer Nutzung und ihres Schutzes erfasst.

Die daraus abgeleiteten Fragestellungen lauten:

1. Welches Vorwissen und welche Vorstellungen haben deutsche Jugendliche zum Konzept der Biodiversität?
2. Welche Vorteile oder welchen Nutzen schreiben sie der Biodiversität zu?
3. Welche Vorstellungen können bezüglich des Schutzes der Biodiversität identifiziert werden?

Teilarbeit B: Entwicklung eines Unterrichtsmoduls zur Biodiversitätsbildung

Übergeordnetes Ziel der Teilarbeit B ist die Entwicklung eines geeigneten Unterrichtsmoduls zur Biodiversitätsbildung, welches den Inhalten des gültigen Lehrplans für bayerische Gymnasien (G8) entspricht. Das Großthema Ökologie wird sowohl in der 10. als auch der 12. Jahrgangsstufe behandelt (Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München [ISB], 2004).¹ Da Biologie ab der 11. Klasse nur Wahlpflichtfach ist und überwiegend von interessierten Schülern besucht wird, wird das Unterrichtsmodul für die 10. Jahrgangsstufe konzipiert. In der Praxis ist eine Durchführung in der 12. Klasse jedoch durchaus ohne große konzeptionelle Veränderungen realisierbar. Im Lehrplan der 10. Jahrgangsstufe werden die Themenfelder Nachhaltigkeit und der Zusammenhang zwischen Ökologie und Ökonomie als fächerübergreifende Aspekte vorgeschlagen. Mit dem Ziel, vernetztes Lernen zu ermöglichen, werden beide Themenfelder in das Unterrichtsmodul aufgenommen. Um eine möglichst effektive und an das Alter der Schüler angepasste Lernumgebung zu schaffen, soll der Unterrichtsansatz selbstbestimmtes und schülerzentriertes Lernen ermöglichen. Insgesamt sollen durch das Lernmodul ein langfristiger Wissenserwerb und das Verantwortungsbewusstsein für den Schutz der Biodiversität gefördert werden.

Teilarbeit C: Wissenserwerb und dessen Zusammenhang zu Umwelteinstellungen

Der Schwerpunkt der dritten Teilarbeit liegt auf dem Erwerb umweltrelevanten Wissens. Dabei soll die Effektivität des entwickelten Unterrichtsmoduls mittels eines Wissensfragebogens zur Biodiversität überprüft werden. Darüber hinaus soll ein Zusammenhang zwischen dem Lernerfolg und den Umwelteinstellungen der Schüler untersucht werden. Es wird erwartet, dass eine Teilnahme am Lernmodul sowohl einen kurz- als auch einen langfristigen Wissenszuwachs in allen Teilmodulen bedingt. Des Weiteren wird vermutet, dass positive Umwelteinstellungen einen positiven Einfluss auf die kognitive Leistung der Schüler ausüben, wohingegen sich negative Einstellungen hinderlich für den Wissenserwerb auswirken.

¹ Hinweis zur Einführung eines neuen Lehrplans an bayrischen Gymnasien: Aufgrund der Rückkehr zum neunjährigen Gymnasium, wird seit Beginn des Schuljahres 2017/18 sukzessive der neue LehrplanPLUS eingeführt (ISB, 2017). Dadurch ergibt sich für das Thema Ökologie eine Änderung in der Jahrgangsstufenverteilung. Ab dem Schuljahr 2020/21 werden die Inhalte des in der Teilarbeit B entwickelten Unterrichtsmoduls bereits in der 8. statt in der 10. Jahrgangsstufe behandelt. Gleichbleibend erfolgt die vertiefte Behandlung der Thematik in der 12. Klasse.

3 SYNOPSIS

Die konkreten Fragestellungen lauten:

1. Inwiefern wirkt sich die Teilnahme am Lernmodul auf den kurz- und langfristigen Wissenserwerb der Schüler innerhalb der Teilmodule und des Gesamtmoduls aus?
2. Inwiefern steht die Umwelteinstellung der Schüler im Zusammenhang zu einem erwarteten Wissenserwerb?

Teilarbeit D: Wissenserwerb im Zusammenhang mit Faszination für Biologie

In der letzten Teilarbeit steht der motivationale Aspekt und dessen Einfluss auf die kognitive Leistung der Schüler im Vordergrund. Es soll festgestellt werden, ob ein Zusammenhang zwischen der einstellungsbezogenen Motivation, d.h. der Faszination für Biologie, und dem Vorwissen oder der Lernleistung der Schüler innerhalb des Unterrichtsmoduls besteht. Da bereits positive Zusammenhänge zwischen Interesse sowie Motivation und dem Lernen BNE-bezogener Themen beschrieben wurden (z.B. Bickel et al., 2015; Schumm & Bogner, 2016b), ist davon auszugehen, dass auch die Faszination im Zusammenhang mit der Lernleistung steht. Vor diesem Hintergrund leiten sich folgende Forschungsfragen ab:

1. Inwiefern wirkt sich die Faszination für Biologie auf den Wissenserwerb vor und nach der Teilnahme am Unterrichtsmodul aus?
2. Kann eine dreistündige Intervention zum Thema Biodiversität die Faszination für Biologie der teilnehmenden Schüler beeinflussen?
3. Inwiefern lassen sich geschlechtsspezifische Unterschiede in Bezug auf die Faszination für Biologie feststellen?

3.4. Methoden

3.4.1. Stichprobe und Studiendesign

Im Winterhalbjahr 2017/2018, nahmen insgesamt 275 Schüler der 10. Jahrgangsstufe aus 12 Schulklassen bayerischer Gymnasien ($M_{\text{Alter}} \pm SD = 15,3 \pm 0,7$; 46,5% weiblich) am Unterrichtsmodul und der Begleitstudie teil. Eine kleinere Gruppe, bestehend aus 35 Schülern zweier weiterer Schulklassen ($M_{\text{Alter}} \pm SD = 15,5 \pm 0,6$; 77,1% weiblich), füllte als Kontrollgruppe lediglich die Fragebögen aus, ohne am Modul teilzunehmen. Die Teilnahme an der Gesamtintervention erforderte sowohl das schriftliche Einverständnis der Eltern als auch der Schüler. Das Bayerische Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst genehmigte die Erhebung der Daten mit dem Schreiben unter Aktenzeichen X.7-BO5106/160/12, vom 22.09.2017.

Die Datenerhebung erfolgte zu drei Testzeitpunkten mittels Papierfragebögen. Der erste Fragebogen wurde etwa ein bis zwei Wochen vor der Teilnahme am Modul ausgefüllt (Vortest - T0), ein zweiter folgte direkt nach dem Unterricht (Nachtest - T1) und ein dritter ca. 6 Wochen im Anschluss an die Teilnahme (Behaltenstest - T2). Die Kontrollgruppe erhielt alle drei Fragebögen ebenfalls in entsprechenden zeitlichen Abständen. Das Ausfüllen der Tests nahm jeweils ca. 20 Minuten Zeit in Anspruch, den Schülern wurde jedoch keine Testzeitbegrenzung gesetzt. Um die Fragebögen der drei Testzeitpunkte eines Individuums einander zuordenbar zu machen, wurde, unter Wahrung der Anonymität, jeweils ein pseudonymisierter Code bestehend aus Geschlecht, Geburtsmonat- und Jahr sowie den Anfangsbuchstaben der Mutter und der eigenen Hausnummer angegeben. Bedingt durch die drei Testzeitpunkte kam es vereinzelt zu Probandenausfällen. In die Auswertung der Teilarbeiten wurden ausschließlich vollständige Datensätze einbezogen, was eine Variation in den Stichprobenzahlen der Teilarbeiten bedingt.

3.4.2. Ausführliche Beschreibung des Unterrichtsmoduls (Teilarbeit B)

Das Unterrichtsmodul „Wald mit Zukunft – Biodiversität schützen und nützen“ wurde für 4 Schulstunden (180 min) konzipiert. Die Durchführung der Interventionen fand für alle teilnehmenden Schulklassen während regulärer Schulstunden und unter Anleitung sowie Betreuung der Autorin statt. Die Lehrkräfte wurden gebeten, das Thema Biodiversität nicht vor Beginn der Interventionsstudie zu behandeln und eine Nachbereitung erst nach Bearbeitung des Behaltenstests vorzunehmen. Allerdings setzte die Teilnahme am Unterrichtsmodul Grundkenntnisse über ökologische Konzepte (z.B. biologisches Artkonzept oder die Begriffe Ökosystem, Biotop und Biozönose) voraus, die von den Lehrkräften vor der Intervention thematisiert werden sollten. Nötiges Vorwissen zur Genetik sollte den Schüler im Sinne des kumulativen Lernens bereits aus der 9. Jahrgangsstufe bekannt gewesen sein.

3 SYNOPSIS

Zentraler Bestandteil des Unterrichtsmoduls war eine kollaborative Citizen-Science-Aktivität innerhalb eines DNA-Barcoding-Projekts, das in Zusammenarbeit mit der Zoologischen Staatssammlung in München (ZSM) durchgeführt wurde. DNA-Barcoding ist eine Methode für die genetische Bestimmung von Arten (Hebert et al., 2003). Analog zu EAN-Strichcodes, die Waren an einer Supermarktkasse eindeutig identifizierbar machen, bedient man sich kurzer Genabschnitte (sog. Markergene) zur Artenidentifizierung. Diese sogenannten DNA-Barcodes sind für jede Art einzigartig und machen sie eindeutig bestimmbar. Um eine Art zu identifizieren muss also der artspezifische Genabschnitt (bei Tieren meist das mitochondriale CO1-Gen) sequenziert und, ähnlich zu einem Fingerabdruck, mit einer Datenbank abgeglichen werden. Die Methode ist also abhängig von einer DNA-Barcoding-Datenbank, der globalen BOLD-Datenbank (Barcode of Life Data Systems), in der Referenztiere mit deren zugehörigen Barcodes abgelegt sind. Die Wissenschaftler der ZSM arbeiten innerhalb nationaler Projekte daran, die Datenbank mit den DNA-Barcodes aller deutschen Tierarten zu ergänzen (Morinière et al., 2016). Die teilnehmenden Schüler sammelten für diesen Zweck Waldbodenproben in Wäldern ihrer näheren Umgebung. Die enthaltenen Bodenlebewesen wurden der ZSM zugesandt. Die Schüler konnten dadurch Teil eines authentischen wissenschaftlichen Prozesses werden und leisteten einen direkten Beitrag zur Erfassung von Biodiversität. Um eine korrekte Sammlung der Proben zu gewährleisten, erhielten die Schüler ein Protokoll zur Entnahme der Bodenprobe. Hierin waren sowohl eine Anleitung zur Probennahme als auch Arbeitsaufträge enthalten. So sollten die Schüler unter anderem die GPS-Koordinaten als auch eine detaillierte Beschreibung des Fundortes festhalten. Nach Abschluss der DNA-Barcoding-Analysen, erhielten die Schulklassen einen Brief, der die eigenen Ergebnisse und die Befunde der anderen teilnehmenden Schulklassen darlegte. Die Schüler wurden somit über den Gesamterfolg des Projekts informiert. Die Briefe erreichten die Schüler erst nach dem Behältertest, da die Aufbereitung der Proben, z.B. das Fotografieren der einzelnen Sammlungstiere, einige Monate in Anspruch nahm.

Das Unterrichtsmodul behandelte verschiedene Aspekte des Schutzes und Nutzens der Biodiversität exemplarisch am Beispiel des Ökosystems Wald. Dieses Beispiel wurde gewählt, um einen alltagsnahen Kontext sowie einen Bezug zur Lebenswelt der Schüler herzustellen und das Thema Biodiversität dadurch greifbarer werden zu lassen. Im Sinne eines schülerzentrierten und -selbstbestimmten Ansatzes wurde für die methodische Umsetzung der Lerninhalte die kooperative Unterrichtsform „Lernen an Stationen“ ausgewählt. Hierfür wurden unterschiedliche thematische Aspekte des Themas in vier Lernstationen bzw. Teilmodule organisiert. Diese wurden in Form von Arbeitsstationen im Klassenraum aufgebaut, die alle nötigen Arbeits- und Informationsmaterialien für die Schüler bereithielten. Das Stationenlernen ist eine unterrichtsorganisatorische Dimension der inneren Differenzierung und soll im Rahmen des Unterrichtsmoduls dazu dienen, die

individuellen Stärken der Schüler zu berücksichtigen und individuell zu fördern (vgl. Haag & Streber, 2014).

Nach einer Einführungsphase erhielt jeder Schüler ein Arbeitsheft, das allgemeine Erklärungen zusammenfasste und die expliziten Arbeitsaufträge zu jeder Lernstation beinhaltete (siehe externer Anhang). Außerdem enthielt das Arbeitsheft einen kurzen Einleitungssatz oder -text zu jeder Station. Dieser sollte dazu beitragen das Interesse der Schüler für die jeweilige Lernstation zu wecken und eine Fragehaltung bewirken. Anschließend arbeiteten die Schülergruppen, von Station zu Station wechselnd, selbstständig und selbstverantwortlich in Kleingruppen zu je 3-4 Schülern. Jede Gruppe bearbeitete die Arbeitsaufträge im eigenen Lerntempo und war selbstverantwortlich dafür, alle vier Lernstationen im vorgegebenen zeitlichen Rahmen zu durchlaufen. Alle Stationen waren mindestens doppelt vorhanden, um einen kontinuierlichen Arbeitsfluss gewährleisten zu können. Inhaltlich stehen die Lernstationen zwar im engen Zusammenhang, können aber in jeglicher Reihenfolge bearbeitet werden. Zu jeder Station wurden neben den obligatorischen auch optionale Zusatzaufgaben für besonders leistungsstarke Schülergruppen bereitgestellt. Für einzelne, besonders herausfordernde Aufgaben wurden Hilfestellungen (in Form von gestuften Lernhilfen) in verschlossenen Umschlägen an den Stationen bereitgestellt. Darüber hinaus waren die Schüler dazu aufgefordert, ihre erarbeiteten Lösungen nach jeder Station anhand eines am Lehrerpult ausliegenden Lösungsheftes zu überprüfen.

Die **Einführungsphase** vor Beginn der Stationenarbeit fokussierte thematisch das Konzept der Biodiversität unter Berücksichtigung aller drei Ebenen. Neben der Einführung des Konzeptes sollte auch oben genanntes Vorwissen aktiviert und wiederholt werden, um bei allen Schülern einen gleichen Wissensstand voraussetzen zu können. Hierfür wurden bereits die Schülergruppen gebildet und an jede Gruppe 21 Bildkarten zu den drei Ebenen der Biodiversität verteilt. Auf den Bildern waren verschiedene Ökosysteme (z.B. Korallenriff, Wüste, etc.), verschiedene Waldlebewesen (z.B. Reh, Wildschein, etc.) und verschiedenfarbige eurasische Eichhörnchen zu sehen (genetische Vielfalt innerhalb einer Art). Den Schülern war die Thematik und die Zugehörigkeit der Bilder zu den Biodiversitätsebenen jedoch noch nicht bekannt. Die Schüler sollten die vielen Bilder zunächst in eine für sie sinnvolle Ordnung bringen. Anschließend erhielt jede Gruppe vier kurze Textkarten zur Biodiversität und den drei Ebenen Vielfalt der Arten, Gene und Ökosysteme. Jedes Gruppenmitglied musste je einen Text lesen und die enthaltenen Informationen anschließend der restlichen Gruppe erklären. Daraufhin waren die Schüler aufgefordert, die Ordnung der Bilder zu überdenken und gegebenenfalls zu verbessern. Verschiedene Lösungsvorschläge wurden im Plenum diskutiert, sowie die Bilder und deren Zusammenhang zu den drei Ebenen der Biodiversität besprochen. Zuletzt mussten die Schüler den Begriff „Biodiversität“ mit eigenen Worten definieren. Die Lösungen wurden im Plenum beurteilt.

3 SYNOPSIS

An **Lernstation 1** – „Dienstleister Wald“ arbeiteten die Schüler auf Grundlage einer von der Autorin entworfenen Internetseite (www.waldmitzukunft.de). Inhaltlich bezog sich die Station vorrangig auf die Ökosystemdienstleistungen des Waldes, die in vier Kategorien aufgeteilt werden können: Basisleistungen (z.B. Bodenbildung), Versorgungsleistungen (z.B. Bereitstellung des Rohstoffes Holz), Regulierungsleistungen (z.B. Klimaregulation) und kulturelle Leistungen (z.B. der Wald als Ort der Erholung). Anhand eines interaktiven Bildes (siehe Abbildung 2) konnten die Schüler die Dienstleistungen des Waldes an verschiedenen Beispielen erkunden und erstellten mit Hilfe der dargebotenen Informationen eine Mind-Map in ihrem Arbeitsheft. In einer weiteren Aufgabe sollten sich die Schüler Alltagstipps überlegen, um selbst einen Beitrag zum Schutz des Waldes zu leisten (z.B. durch die Verwendung von Recyclingpapier).



Abbildung 2: Bildschirmfoto des interaktiven Waldbildes der Aufgabe 1 der ersten Lernstation. Bei Mausklick auf einen der klickbaren Bereiche (z.B. Holzstapel) erscheint eine Unterseite der Website mit einem Informationstext zur jeweiligen Ökosystemdienstleistung (z.B. Bereitstellung der nachwachsenden Ressource Holz).

Lernstation 2 – „Jede Art zählt!“ bot den Schülern mittels einer interaktiven PowerPoint-Präsentation einen vertieften Einblick in die Methode des DNA-Barcodings und deren Relevanz für den Naturschutz. Die Schüler erarbeiteten also nicht nur wie die genetische Artbestimmung funktioniert, sondern auch wie die Methode das Biodiversitätsmonitoring erleichtern und beschleunigen kann. So reichen beispielsweise kleinste DNA Mengen in Gewässerproben aus, um die enthaltenen Arten zu bestimmen. Auch Larvenstadien von Insekten können präziser und einfacher bestimmt werden. Darüber hinaus erfuhren die Schüler an dieser Station, wie ihre gesammelten Bodenproben zu der Entwicklung der internationalen BOLD-Datenbank und damit im Umkehrschluss auch dem übergeordneten Ziel des Biodiversitätsschutzes beitragen.

An **Lernstation 3** – „Verborgene Vielfalt“ setzten sich die Schüler vertieft mit den Bodenlebewesen des Ökosystems Wald auseinander. Dabei wurde sowohl die Artenkenntnis als auch das Wissen über die Aufgabe der Bodenlebewesen im komplexen Ökosystem gefördert. Die Schülergruppen erhielten acht Probenröhrchen, die mit vergälltem Alkohol konservierte Bodenlebewesen enthielten (u.a. Pseudoskorpion, Springschwanz und Bodenspinne). Diese sollten unter einem Mikroskop betrachtet und mit Hilfe eines vereinfachten, dichotomen Bestimmungsschlüssels bestimmt werden. Anschließend konnten die Schüler ihre erworbene Artenkenntnis anhand eines Bodentier-Memory-Spiels erproben und sich gleichzeitig Wissen über die Lebensweise der Bodenorganismen erarbeiten. Zuletzt sollten die Schüler die Aufgabe der Bodenlebewesen als Destruenten erklären. Als Hilfestellung diente ein didaktisch reduziertes Stoffflussdiagramm des Ökosystems Wald.

Die **Lernstation 4** – „Zukunftswald“ handelte von der Bedrohung deutscher Wälder durch Einflüsse des Menschen. In einem Zukunftsszenario im Jahr 2050 wurde eine Fichtenmonokultur weitestgehend von Klimaveränderungen und daraus resultierender starker Trockenheit, schweren Sturmschäden und Borkenkäferkalamitäten zerstört. Nachdem sich die Schüler mittels Informationstexten über die genannten Gefahren für das Ökosystem Wald auseinandergesetzt hatten, schlüpften sie in die Rollen verschiedener Interessensgruppen, um eine Lösung für den „Zukunftswald“ zu finden. Wie kann der Schutz der Biodiversität und die Waldnutzung vereinbart werden? Die Schüler waren dazu aufgefordert die Fehler zu erörtern, die zur Bedrohung des Waldes geführt hatten und sie sollten in einem Rollenspiel einen für alle Interessensgruppen tragbaren Kompromiss für die Zukunft des Waldes finden. Das Beispiel der naturfernen Fichtenmonokultur wurde gewählt, da dieses im stärksten Kontrast zu einem naturnahen Mischwald steht und den bayerischen Schülern aus ihrer unmittelbaren Umgebung bekannt sein dürfte.

In der **Abschlussphase** fanden sich alle Schüler wieder im Plenum zusammen. Gemeinsam mit der Betreuerin wurden die Arbeitsaufträge der vier Lernstationen nachbesprochen. Offene Fragen wurden beantwortet und die Ergebnisse der Schülergruppen gegebenenfalls ergänzt oder verbessert. Diese Gesamtsicherung sollte gewährleisten, dass alle Ergebnisse in korrekter Form schriftlich fixiert und alle Schüler auf einen gemeinsamen Wissensstand gebracht werden.

3.4.3. Erhebungsinstrumente und Datenauswertung

Statistische Verfahren der klassischen Testtheorie wurden mit dem Programm *IBM SPSS Statistics Version 24* (IBM Corp., 2016) durchgeführt. Unter Annahme des zentralen Grenzwertsatzes wurde auf Grund der Stichprobenzahl parametrisch getestet (Wilcox, 2012). Darüber hinaus gelten die in den Teilarbeiten hauptsächlich verwendeten Verfahren t-test und ANOVA als relativ robust gegenüber einer Verletzung der Normverteilungsannahme (ebd.). In Teilarbeit D wurde außerdem

3 SYNOPSIS

ein Verfahren der probabilistischen Testtheorie angewandt, welches mit der Computersoftware *ACER ConQuest* (Adams et al., 2015) ausgewertet wurde.

Die in den Teilarbeiten verwendeten Instrumente wurden gemeinsam in längeren Fragebögen abgefragt. Einige Forschungsfragen verlangten eine wiederholte Abfrage von Messinstrumenten zu allen Testzeitpunkten. Um systematische Antwortverzerrungen durch Fragereihenfolgeeffekte (z.B. Ausstrahlungseffekte von einer Frage auf eine darauffolgende Frage) zu vermeiden, wurde die Item-Reihenfolge im Nach- und Behaltenstest variiert (Schnell et al., 2018).

In **Teilarbeit A** wurden, basierend auf drei offenen Fragen, Vorwissen und Vorstellungen der Schüler zur Biodiversität, ihrem Nutzen und Schutz erhoben. Da zur Beantwortung der Forschungsfragen nur die Antworten aus dem Vortest von Relevanz waren, konnten die Datensätze aller Schüler (N=275) in die Analyse aufgenommen werden. Der Wortlaut der drei Testfragen war:

1. Was verstehen Sie unter dem Begriff Biodiversität (= biologische Vielfalt)?
2. Für wen oder was kann die Biodiversität von Nutzen sein? Begründen Sie Ihre Antwort.
3. Sollte die Biodiversität geschützt werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

In der ersten Frage wurde der Begriff „biologische Vielfalt“ ergänzend zu „Biodiversität“ verwendet, da dieser in der deutschen Alltagssprache häufig Verwendung findet und Schülern nicht zwingend der wissenschaftliche Begriff geläufig ist. Frage zwei und drei erforderten von den Schülern eine begründete Antwort. Dadurch sollten möglichst aufschlussreiche Antworten mit relevanten Informationen erzielt werden. Zum anderen sollte die Forderung einer Begründung, besonders bei Frage drei, der Antwortverzerrung durch Akquieszenz, d.h. der inhaltsunabhängigen Tendenz zur Zustimmung (auch als Ja-Sage-Tendenz bezeichnet) oder dem sozial erwünschten Antwortverhalten entgegenwirken (Schnell et al., 2018). Des Weiteren gaben vorgegebene Linien unter jeder Frage Hinweis auf den erwarteten Umfang der Antworten.

Die Schülerantworten wurden nach Mayring (2001) mittels einer Kombination aus qualitativer Inhaltsanalyse mit anschließender Quantifizierung der Ergebnisse ausgewertet. Hierfür wurde ausgehend von den Schülerantworten ein Kategoriensystem für jede Frage entwickelt. Bei dieser sogenannten induktiven Kategorienbildung (auch induktive Kodierung genannt) entstehen die Kategorien aus dem zu analysierenden Textmaterial heraus. Bei diesem Prozess werden zunächst breit angelegte Kategorien immer weiter verfeinert, um letztlich pro Frage eine geringe Anzahl präziser Kategorien zu erhalten. Eine Überkategorie kann darüber hinaus in mehrere Unterkategorien aufgefächert werden. Da eine Antwort aus mehreren Teilantworten bestehen kann, sind Mehrfachzuordnungen möglich. In der vorliegenden Arbeit wurden Einzelantworten, die keine eigene Kategorie bildeten, unter der Kategorie „Sonstige“ zusammengefasst. Im Falle, dass Schüler ihre Unkenntnis ausdrückten oder inadäquate bzw. unangemessene Antworten gaben,

wurden diese Äußerungen als „keine Antwort“ gewertet. Zur Quantifizierung der Ergebnisse wurden die Antworten pro Kategorie aufsummiert und die Häufigkeit, mit der die Kategorien in den Antworten der Gesamtstichprobe auftraten, in Prozent berechnet.

Zur Überprüfung der Objektivität des entwickelten Kategoriensystems, wurde eine Inter- und Intrarater-Reliabilität bestimmt, die das Maß der Übereinstimmung verschiedener Personen (sog. „Rater“) bei der Kategorienzuordnung angibt. Hierfür wurde für jede Frage eine Zufallsauswahl von 15% aller Antworten getroffen. Diese wurden drei Monate nach der ersten Kategorienbildung wiederholt vom Erstautor der Studie (Intrarater) und von einer bisweilen unbeteiligten Person (Interrater) kategorisiert. Die errechneten Cohens Kappa Werte der Intra- und Interreliabilität lagen für alle Fragen zwischen 0,87 – 1 (Cohen, 1960). Nach Landis und Koch (1977) sprechen diese Werte für eine nahezu vollkommene Übereinstimmung zwischen den Ratern und damit für ein objektives Kategoriensystem.

In **Teilarbeit B** wurde das Unterrichtsmodul als Grundlage für die weiteren Teilarbeiten entwickelt. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wurden die didaktischen Überlegungen und die ausgewählte Methodik des Unterrichtskonzepts in Kapitel 3.4.2. gesondert beschrieben.

Schwerpunkt der **Teilarbeit C** war der Erwerb biodiversitätsrelevanten Wissens und die Überprüfung eines potenziellen Zusammenhangs zu Umwelteinstellungen. Für die Untersuchung des Wissenszuwachses und des langfristigen Wissenserwerbs konnten nur Schüler herangezogen werden, die zu allen drei Testzeitpunkten (eine Woche vor, direkt nach und sechs Wochen nach dem Unterrichtsmodul) anwesend waren. Fehlten Daten eines Schülers zu einem Testzeitpunkt, wurde dieser von der Teilarbeit ausgeschlossen. In die Analyse flossen schließlich 205 komplette Datensätze ein (46,8% weiblich; $M_{\text{Alter}} \pm SD = 15,3 \pm 0,6$). Des Weiteren wurden Ergebnisse der oben beschriebenen Kontrollgruppe analysiert.

Das Wissen wurde mittels 25 selbsterstellter Multiple-Choice-Fragen gemessen. Zu jeder Frage erhielten die Teilnehmer jeweils vier Antwortmöglichkeiten, von denen nur eine korrekt war. Inhaltlich bezogen sich jeweils sechs Fragen auf jedes Themengebiet der vier Teilmodule des Unterrichts. Eine Frage betraf die Definition von Biodiversität, die im Einstieg der Unterrichtseinheit erarbeitet wurde. Für die statistischen Analysen wurden zunächst richtige Antworten in „1“ und falsche Antworten in „0“ umcodiert. Anschließend konnte für jeden Schüler zu jedem Testzeitpunkt ein individueller Summenwert für das Gesamtwissen und das Wissen in den einzelnen Teilmodulen errechnet werden. Der maximal erreichbare Summenwert lag dementsprechend bei 25 bzw. 6. Für die Beurteilung der Qualität der selbsterstellten Wissensfragen wurde die Reliabilität nach Cronbachs Alpha für jeden Testzeitpunkt und die Schwierigkeitsindizes (p_i) eines jeden Items berechnet. Die Itemschwierigkeitsindizes geben den Anteil jener Probanden an, die das

3 SYNOPSIS

Item richtig gelöst haben (Bortz & Döring, 2006). Demnach wurde ein Item mit einem $p_i = 0,5$ von der Hälfte aller Probanden richtig beantwortet.

Die Analyse von Wissensunterschieden zwischen den drei Testzeitpunkt erfolgte mit einer Varianzanalyse mit Messwiederholung (repeated measures ANOVA; rmANOVA). Zeigte ein signifikanter Mauchly-Test eine Verletzung der Sphärizität an, so wurde ein Korrekturverfahren der Freiheitsgrade verwendet. Nach Girden (1992), wurde bei einem $\epsilon < 0,75$ die Greenhouse-Geisser-Korrektur und bei einem $\epsilon > 0,75$ die Huynh-Feldt-Korrektur angewandt. Im Falle signifikanter Haupteffekte, wurden Bonferroni-korrigierte Post-hoc Tests interpretiert. Die rmANOVA wurde jeweils für das Gesamtwissen als auch für die erreichten Summenwerte in den einzelnen Teilmodulen berechnet. Die Analyse von Geschlechterunterschieden erfolgte mittels ungepaarter t-Tests für Inter-Gruppenvergleiche und gepaarter t-Tests für Intra-Gruppenvergleiche. Die p-Werte wurden anschließend einer Bonferroni-Korrektur unterzogen. Bei den genannten Analysen unterschieden sich die Ergebnisse einer Teilstichprobe von der Gesamtstichprobe (näheres zu diesem Ergebnis folgt in Kapitel 3.5.3.). Um zu untersuchen, ob diese Unterschiede mit einer Zugehörigkeit zu einer bestimmten Schulklasse zusammenhängen, wurde ein korrigierter Kontingenzkoeffizient (C_{kor}) berechnet (Zöfel, 2003). Dieser ist ein Maß für die Stärke eines Zusammenhangs zwischen zwei nominalen Variablen (*hier*: Zugehörigkeit zur Teilstichprobe und Klassenzugehörigkeit).

Die Umwelteinstellungen wurden mit zwei Instrumenten erfasst: dem 2-MEV-Modell (*Two Major Environmental Values*) von Bogner & Wiseman (vgl. Bogner & Wiseman, 1999, 2006) und dem *Appreciation of Nature Scale* nach Brügger et al. (2011). Die beiden Skalen wurden in einer gekürzten Form nach Bogner (2018) verwendet: mit insgesamt 21 Items wurden die drei Faktoren mit jeweils sieben Items erfasst. Die Items erforderten Zustimmung oder Ablehnung auf einer 5-Punkt-Likert-Skala. Zur Untersuchung des Zusammenhangs zwischen Wissen und Umwelteinstellungen wurden Mittelwerte der Einstellungsvariablen gebildet und eine bivariate Pearson-Korrelation mit den Wissenswerten durchgeführt. Geschlechterunterschiede wurden wiederum mit t-Tests geprüft. Für die p-Werte der Korrelationen und t-tests wurde eine Bonferroni-Korrektur angewandt.

In **Teilarbeit D** wurde der Zusammenhang zwischen dem Wissenserwerb und der Faszination für Biologie untersucht. Zur Messung der Faszination wurde die Subskala „Biologie“ des *Fascination for Science Scales* (Otto et al., 2019) verwendet. Die Gesamtskala enthält 84 Items, die sich in sieben Subskalen zu spezifischen Fächern aufgliedern: allgemeine Naturwissenschaft im Allgemeinen, Biologie, Chemie, Physik, Astronomie, Geografie und Technik. Folglich wird jede Subskala anhand von 12 Items gemessen. Diese decken wiederum zu je vier Items die drei Dimensionen Kognition, Affektion und Verhalten ab. Kognitive und affektive Items wurden mittels einer fünfstufigen Likertskala von „stimme ich überhaupt nicht zu“ bis „stimme ich voll zu“

beantwortet. Verhaltensitems betrafen Aktivitäten, die Schüler außerhalb der Schule ausführen. Diese wurden ebenfalls fünfstufig von „nie“ bis „sehr oft“ bewertet.

Da es sich bei der Faszinations-Skala um ein neuentwickeltes Messinstrument handelt, musste zunächst die Gültigkeit der Skala überprüft werden. Da das Instrument ursprünglich für eine Rasch-Skalierung konzipiert wurde, erfolgte die Überprüfung der psychometrischen Qualität mittels Rasch-Analyse, d.h. der Überprüfung der Passung der Skala auf das Rasch-Modell. Das Rasch-Modell ist ein Modell der probabilistischen Testtheorie, das auf der Schätzung zweier Parameter basiert: der Itemschwierigkeit und der Personenfähigkeit (Bond & Fox, 2010). Anhand der Itemschwierigkeit und der Personenfähigkeit kann die Wahrscheinlichkeit berechnet werden, mit der eine Person eine Aufgabe bzw. ein Item lösen kann (Koller et al., 2012). Ein Item repräsentiert wiederum einen manifesten Indikator zur Messung eines latenten Konstrukts. Bezogen auf die Faszinations-Skala bedeutet das: je anspruchsvoller die Aussagen und Verhaltensweisen sind, denen eine Person zustimmt bzw. von denen die Person angibt sie häufig auszuführen, desto höher wird deren Faszination eingeschätzt (Otto et al., 2019).

Bei Passung eines Tests auf das Rasch-Modell (Rasch-Konformität) erfolgt die Schätzung der Parameter unabhängig davon, welche Personen einer Testpopulation zur Analyse herangezogen wurden (ebd.). Man spricht von einer Stichprobenunabhängigkeit bzw. spezifischen Objektivität. Für die Kalibrierung wurden daher die Datensätze aller Schüler zu allen Testzeitpunkten verwendet (N=736). Die größere Stichprobenzahl begünstigt eine geringere Fehlerwahrscheinlichkeit bei der Schätzung der Parameter. Für die Analyse mussten die gemessenen Daten zunächst dichotomisiert werden. „Ich stimme voll zu“ und „ich stimme zu“ bzw. „sehr oft“ und „oft“ wurden auf „1“ gesetzt, alle weiteren Angaben auf „0“.

Um Unterschiede der Faszinationswerte zwischen den drei Testzeitpunkten zu überprüfen, wurde eine rmANOVA mit Huynh-Feldt-Korrektur und Bonferroni-Post-hoc-Test berechnet. Darüber hinaus wurden zur Ermittlung von Geschlechterunterschieden t-Tests durchgeführt. Der Zusammenhang zwischen der Faszination für Biologie und dem Wissenserwerb wurde zunächst mittels einer Pearson-Korrelation mit Bonferroni-Korrektur untersucht. In einem nächsten Schritt wurde die Stichprobe anhand der Mittelwerte der Faszination in drei Gruppen eingeteilt: sehr faszinierte Schüler (oberes Quartil; Mittelwert > 3,5), faszinierte Schüler (interquartil Bereich; Mittelwert 2,68 – 3,5) und wenig faszinierte Schüler (unteres Quartil; Mittelwert ≤ 2,67). Anschließend wurden Intra- und Intergruppenvergleiche bezüglich des Wissens zu den drei Testzeitpunkten mit einfaktoriellen Varianzanalysen sowie ANOVA mit Messwiederholung und Post-hoc-Tests untersucht.

3.5. Ergebnisse und Diskussion

3.5.1. Teilarbeit A – Schülervorstellungen zur Biodiversität

In Teilarbeit A wurden Präkonzepte von Schülern zur Biodiversität, ihrem Nutzen und Schutz mittels drei offener Fragen erhoben. Die erste Frage bezog sich auf das Konzept der Biodiversität. Unser Ergebnis deckt sich mit der Literatur. Wie zum Beispiel bereits von Menzel und Bögelholz (2006) beschrieben, setzten deutsche und chilenische Schüler die Biodiversität überwiegend mit der Artenvielfalt gleich. Auch in einer Studie von Bermudez und Lindemann-Matthies (2018) mit argentinischen Schülern zeigte sich dieser Fokus auf die Artenvielfalt. Die Studienteilnehmer der vorliegenden Studie zeigten also noch dieselbe Wahrnehmung über die Biodiversität, wie die deutschen Schüler die 2006 von Menzel und Bögelholz untersucht wurden. Eine Wahrnehmungsveränderung, im Sinne der im letzten Jahrzehnt initiierten politischen Bildungsmaßnahmen, ist demnach in der vorliegenden Stichprobe nicht erkennbar. Um komplexe Zusammenhänge zwischen biologischer Vielfalt und deren Funktionen und ihrer Gefährdung zu verstehen, sollten jedoch mindestens die drei wesentlichen Organisationsebenen der Biodiversität und bestenfalls auch damit verbundene Konzepte, wie zum Beispiel die Äquität der Arten (Ausgewogenheit der Arten in einem Biotop), einbezogen werden.

Einen möglichen Grund für die Gleichsetzung der Biodiversität mit der Vielfalt der Arten stellen Medienberichterstattungen dar. Öffentliche Medien gelten als wichtige Informationsquelle von Schülern und werden in Verbindung mit der Entwicklung von alternativen Schülervorstellungen gebracht (vgl. Schmid & Bogner, 2018; Shaw et al., 2008). Besonders im deutschsprachigen Raum wird alltagsweltlich meist der Begriff „Artenvielfalt“ verwendet, wenn eigentlich Biodiversität gemeint ist. Aus diesem Grund wurde auch in der europaweiten Eurobarometer-Studie bis 2015 der Begriff „Artenvielfalt“ vorgezogen (European Commission, 2015). Die Vorstellung der Studienteilnehmer könnte daher auch Folge der zunehmenden medialen Popularität des Themas sein bzw. durch diese begünstigt werden. Allerdings trat das Phänomen, wie oben beschrieben, auch bei chilenischen und argentinischen Schülern auf und kann daher nicht nur auf die Verwendung von Alltagsbegriffen im deutschen Sprachraum zurückgeführt werden. In der Studie von Bermudez und Lindemann-Matthies wurden die Schüler bereits vor der Teilnahme an der Studie zum Konzept der Biodiversität unterrichtet. Daraus ergibt sich eine weitere Annahme, dass alternative Vorstellungen von Lehrkräften an Schüler weitergegeben werden oder Lehrkräfte das komplexe Konzept zu stark didaktisch reduzieren. Die Gleichsetzung der Begrifflichkeiten konnte beispielsweise bereits bei Lehramtsstudierenden beobachtet werden (Fiebelkorn & Menzel, 2013).

In Bezug auf den Wert der Biodiversität konnte beobachtet werden, dass die Schüler überwiegend aus anthropozentrischer Sichtweise argumentierten. Weitaus geringer war der Anteil an

Schülern, die der biologischen Vielfalt einen Eigenwert bzw. einen Wert für die belebte und unbelebte Natur zuschrieben. In Bezug auf die Vorteile für den Menschen wurde hauptsächlich die Bereitstellung von Ökosystemdienstleistungen genannt. Hier ist anzumerken, dass der Begriff der Ökosystemdienstleistungen von keinem der Schüler explizit verwendet wurde, die Antworten aber in diese Kategorie fielen. Am häufigsten wurde die Bedeutung der Biodiversität mit der Bereitstellung von Nahrungsmitteln oder Medizin begründet. Diese sind auch häufig genannte Konzepte von Schülern vergleichbaren Alters in der Interview-Studie von Menzel und Bögelholz (2006). Im Gegensatz zu Versorgungs- und Regulierungsleistungen, wurden auffallend selten kulturelle Leistungen oder Basisleistungen genannt. Dieses Ergebnis deckt sich nur teilweise mit der Literatur. Während in der vorliegenden Studie nur ein Schüler den ästhetischen Wert der Biodiversität nennt, ist dies eine häufig auftretende Kategorie in der Studie von Menzel und Bögelholz. In einer Studie von Torkar (2016) maßen Schüler kulturellen Leistungen, im Vergleich zu den anderen drei Kategorien von Ökosystemdienstleistungen, den geringsten Stellenwert bei, wohingegen Basisleistungen die höchste Priorität zugeschrieben wurde. Im Gegensatz zur vorliegenden Teilarbeit wurden die verschiedenen Ökosystemdienstleistungen jedoch vorgegeben. Vor diesem Hintergrund kann vermutet werden, dass die Schüler widererwartend kulturelle sowie Basisleistungen nicht bewusst wahrnehmen oder wertschätzen oder diese nicht in Zusammenhang mit der Biodiversität bringen. Es erscheint plausibel, dass kulturelle Leistungen, wie z.B. der Erholungswert oder der ästhetische Wert eines naturnahen Waldes, in der Lebenswelt Jugendlicher mutmaßlich einen eher geringen Stellenwert einnimmt oder Aktivitäten in der Natur nicht als bewusstes Naturerleben wahrgenommen werden. Eine mögliche Erklärung liefert die Literatur zur Naturwahrnehmung Jugendlicher. Naturnahe (biodiverse) Landschaften werden von Jugendlichen nicht als ästhetisch wahrgenommen, hingegen werden kulturlandschaftlich geprägte Flächen bevorzugt (Lückmann et al., 2013).

Bei der Frage nach dem Schutz der Biodiversität zeigte sich ein umgekehrtes Bild: die Schutzgedanken der Schüler wurden überwiegend aus ökozentrischer Sicht argumentiert. Die Hauptgründe der Schüler für den Schutz der Biodiversität waren die Verhinderung des Aussterbens von Arten und die Aufrechterhaltung von Wechselbeziehungen zwischen Arten. In den Argumentationsstrukturen spiegelte sich häufig systemisches Denken der Schüler wider. Sie beschrieben beispielsweise weitreichende Folgen für das Nahrungsnetz durch das Aussterben einer Art. Darüber hinaus konnte in einigen Schülerantworten auch eine alternative Schülervorstellung zur Anpassung von Arten identifiziert werden. Schüler beschrieben die intentionale Anpassung einer Art zur Verhinderung ihres Aussterbens (Art erhaltende Anpassung; Weitzel & Gropengießer, 2009). Zum Beispiel schrieb ein Schüler (ID-Nr. 12): „Ja sie [die Biodiversität] sollte geschützt werden,

3 SYNOPSIS

weil sonst irgendwann bestimmte Tierarten ganz aussterben, da sie sich nicht mehr richtig anpassen können“.

Die Prominenz des Konzepts „Artensterben verhindern“ in den Argumentationsstrukturen der Schüler ist zum einen auf die Reduktion des Biodiversitätskonzeptes auf die Vielfalt der Arten zurückzuführen und zum anderen könnten die emotionale Eingebundenheit bzw. affektive Reaktionen eine Rolle spielen. Schutzgedanken gelten als geprägt von emotionalen und affektiven Faktoren, wie zum Beispiel der zugeschriebenen Ähnlichkeit einer Tierart zum Menschen (vgl. Martín-López et al., 2007). Daher werden beispielsweise Säugetiere als besonders schützenswert erachtet (vgl. Lindemann-Matthies, 2005). Es zeigte sich diesbezüglich in den Schülerantworten eine deutliche Dominanz der Nennung von Tierarten wohingegen Pflanzen nur selten als Beispiel herangezogen wurden.

3.5.2. Teilarbeit B – Wald mit Zukunft – ein Unterrichtsmodul zur Biodiversitätsbildung

Das konzipierte Unterrichtsmodul zur Biodiversitätsbildung sollte zu einem nachhaltigen Wissenserwerb beitragen. Der Erwerb von Wissen und Kompetenzen wird hierbei als Grundlage für die Entwicklung umweltfreundlicher Einstellungen sowie Verhaltensweisen angesehen. Er soll zur Bewertung sowie Entscheidungsfindung in Bezug auf komplexe sozialwissenschaftliche Problemfelder verhelfen. Die Fähigkeit zu bewerten und zu entscheiden ist wiederum Grundvoraussetzung für gesellschaftliche und politische Partizipation (Bögeholz, 2007).

Wie bereits von Menzel und Bögeholz (2006) gefordert, wurde ein Unterrichtsmodul zur Biodiversitätsbildung entwickelt, welches die biologische Vielfalt aus unterschiedlichen Perspektiven beleuchtet und die eigene Handlungsfähigkeit der Schüler sowie ihre Rolle als Konsumenten einbezieht. Über die Einbindung eines Citizen-Science-Projekts in den Unterricht wurden die Schüler in authentische wissenschaftliche Forschung und den Biodiversitätsschutz einbezogen. Die exemplarische Erarbeitung des Themas anhand des Ökosystems Wald knüpfte direkt an die Lebenswelt der Schüler an und bot Gelegenheit, Bewertungskompetenz am Beispiel eines alltagsnahen Nutzungskonflikts zu fördern.

Die Einzelheiten der Intervention sind detailliert unter Kapitel 3.4.2. beschrieben. Die Effektivität des Unterrichtsmoduls wurde in den Teilarbeiten C und D evaluiert. Die Ergebnisse werden in den folgenden Kapiteln dargestellt und diskutiert.

3.5.3. Teilarbeit C – Wissenserwerb im Zusammenhang mit Umwelteinstellungen

In Teilarbeit C wurde der Erwerb umweltrelevanten Wissens durch die Teilnahme am Lernmodul untersucht und anschließend dessen Zusammenhang zu Umwelteinstellungen der Schüler analysiert.

Zunächst wurde die Reliabilität der selbstentwickelten Wissensskala überprüft. Die Cronbachs-Alpha-Werte sprachen mit Ausnahme von T0 für eine akzeptable interne Konsistenz: $\alpha_{T0} = 0,65$; $\alpha_{T1} = 0,75$; $\alpha_{T2} = 0,80$ (Blaž, 2015). Die Itemschwierigkeiten zeigten eine breite Verteilung zwischen leichten, mittleren und schweren Aufgaben.

Bei der Analyse des Gesamtwissens konnte eine signifikante Änderung über die drei Testzeitpunkte festgestellt werden. Es zeigte sich zwischen dem Vorwissen zu T0 ein wesentlicher Wissenszuwachs zu T1, dem eine moderate Wissensabnahme zu T2 folgte. Insgesamt lernten die Schüler durch das Unterrichtsmodul dazu, da die Wissenswerte zu T2 über denen zu T0 lagen. Die Kontrollgruppe, welche nicht am Unterrichtsmodul teilnahm, zeigte keine derartige Wissensänderung. Die wiederholte Auseinandersetzung mit dem Fragebogen bedingte also keinen Lerneffekt.

Vor dem Hintergrund kognitiver Verarbeitungsprozesse bei der Aufnahme von Wissen in das Langzeitgedächtnis war zu erwarten, dass die Schüler kurzfristig erworbenes Wissen zu T1 nicht vollständig bis zum dritten Testzeitpunkt nach 6 Wochen behalten (Birbaumer & Schmidt, 2006). Daher ist das hier erkennbare Muster des Wissenserwerbs bereits aus Studien mit vergleichbarem Studiendesign bekannt (vgl. Goldschmidt & Bogner, 2016; Marth & Bogner, 2017; Schumm & Bogner, 2016b). Das Muster zeigte sich auch weitestgehend bei der Analyse der Wissensentwicklung in den vier Sub-Modulen der Unterrichtseinheit. Eine Ausnahme bildete das Sub-Modul 2 zum DNA-Barcoding: statt der Wissensabnahme zu T2 zeigte sich ein erneuter Wissensanstieg. Dieses Ergebnis wird in einem späteren Abschnitt gesondert diskutiert.

Studien zu den Zusammenhängen von Wissenserwerb und Umwelteinstellungen berichten überwiegend von einem positiven Einfluss der Umweltschutzpräferenzen und einem negativen Einfluss der Umweltausnutzungspräferenzen auf das Wissen (Dieser & Bogner, 2017; Thorn & Bogner, 2018). Allerdings konnten nicht immer beide Zusammenhänge beobachtet werden (Fremerey & Bogner, 2015; Liefländer & Bogner, 2016). In der vorliegenden Studie zeigten sich beide Effekte schwach bis annähernd moderat: zu allen Testzeitpunkten korrelierte UTL negativ und PRE positiv mit den Wissenswerten. Es ist vorstellbar, dass Schüler mit hohen Naturschutz-Präferenzen, eine höhere Lernbereitschaft für die dargebotenen Thematik und dem Naturschutzschwerpunkt des Unterrichtsmodul hatten. Umgekehrt kann vermutet werden, dass im Zuge des Unterrichtsmoduls erworbenes Wissen einen positiven Effekt auf die Ausprägung von Naturschutz-Präferenzen ausübt.

Im komplexen Zusammenhang eines Umweltkompetenzmodells stellten Roczen et al. (2014) bereits die Vermutung auf, dass eine höhere Wertschätzung der Natur förderlich für die Lernbereitschaft umweltrelevanter Themen ist bzw. der Wissenserwerb zu einer höheren Wertschätzung

der Natur führen kann. In der vorliegenden Studie korrelierte APR ausschließlich zum Behaltens-test moderat positiv mit dem Wissen der Schüler. Dies deutet darauf hin, dass die Wertschätzung der Natur (d.h. die wertschätzende Naturnutzungs-Präferenz) zwar keinen Einfluss auf das Vorwissen oder den kurzfristigen Wissenserwerb hatte, jedoch die Behaltensleistung der Schüler beeinflusste. Schüler, mit hohen wertschätzenden Naturnutzungs-Präferenzen haben das Erlern-te mutmaßlich besser behalten und profitierten dadurch von der Teilnahme am Unterrichtsmodul.

Darüber hinaus sprechen die Ergebnisse für eine geschlechterabhängige Ausprägung der Umwelteinstellung. Wie bereits häufiger in der Literatur beschrieben, zeigten Mädchen eine höhere Naturschutz-Präferenz, wohingegen bei den Jungen signifikant höhere Ausprägungen der Naturnut-zungspräferenz erkennbar waren (Fremerey & Bogner, 2015; Schumm & Bogner, 2016b). Auch in Bezug auf die Wertschätzung der Natur zeigten Mädchen signifikant höhere Werte. Im Zusammenhang mit positiven Umwelteinstellungen und umweltfreundlichem Verhalten wird häufig von diesem Geschlechtergefälle berichtet (vgl. Ramstetter & Habersack, 2019; Zelezny et al., 2000). Mögliche Erklärungen für die Tendenz zu umweltbewahrenden Einstellungen und Ver-haltensweisen bei Frauen und Mädchen werden in Sozialisierungsprozesse oder der Zuschrei-bung von sozialen Rollen gesucht (Ramstetter & Habersack, 2019). Demnach wird angenommen, dass sich dem weiblichen Geschlecht zugeschriebene Eigenschaften wie Empathie und Koopera-tivität positiv auf das Umweltbewusstsein auswirken.

Wie bereits beschrieben, zeigte sich bei der Analyse des Wissenserwerbs im Sub-Modul zum DNA-Barcoding ein unerwarteter Wissensanstieg im Behaltenstest. Bei genauerer Untersuchung zeigte sich, dass dieser Anstieg bei einer Teilstichprobe aus 103 Schülern (49.5% weiblich) von insge-samt 205 Schülern festzustellen war. Die Schüler dieser Teilstichprobe zeigten im Vergleich zur restlichen Stichprobe höhere Wertschätzungspräferenzen (APR). Auch der oben beschriebene Geschlechtereffekt bezüglich der Umwelteinstellungen trat in der Teilstichprobe auf. Verschie-dene externe Faktoren, die zu dieser Wissensentwicklung geführt haben könnten, konnten wei-testgehend ausgeschlossen werden. Zum Beispiel konnte ein Zusammenhang zwischen der Zu-gehörigkeit zur Teilstichprobe und der Klassenzugehörigkeit ausgeschlossen werden ($C_{\text{korrr}} = 0,199, p = 0,90$). Es ist davon auszugehen, dass der Lerneffekt nicht auf eine gezielte Vorbereitung durch die Lehrkräfte bestimmter Klassen zurückzuführen ist. Daher wird angenommen, dass sich die Schüler nach der Teilnahme am Unterrichtsmodul nochmals freiwillig mit der Thematik aus-einandergesetzt hatten und dadurch im Behaltenstest eine gesteigerte Lernleistung erzielen konnten. Hierfür spricht, dass man von Schülern mit biozentrischen Umwelteinstellungen eine größere Motivation und dadurch höhere Lernbereitschaft in Bezug auf Umweltthemen annimmt (Schumm & Bogner, 2016b). Darüber hinaus hatten sich die Schüler nur im Sub-Modul zu DNA-Barcoding verbessert, welches in direktem Zusammenhang zur Citizen-Science-Aktivität stand.

Zum einen war den Schülern die Methode des DNA-Barcodings sehr wahrscheinlich bis zu ihrer Teilnahme am Modul unbekannt und zum anderen erwarteten sie noch die Ergebnisse ihrer gesammelten Bodenproben, deren Barcoding-Analyse zum Zeitpunkt des Behaltenstests noch ausstand. Die Citizen-Science-Aktivität und die Thematik könnte daher für die Schüler besonders interessant gewesen sein und ihr Interesse geweckt haben. Ein positiver Zusammenhang zwischen Citizen Science und des Interesses von Schülern konnte bereits gezeigt werden (Hiller & Kitsantas, 2014).

3.5.4. Teilarbeit D – Wissenserwerb im Zusammenhang mit Faszination für Biologie

Teilarbeit D beschäftigte sich mit dem Zusammenhang zwischen dem Wissenserwerb durch das Unterrichtsmodul und der Faszination für Biologie. Zunächst wurde die psychometrische Qualität der Faszinationsskala bestimmt, indem die Passung an das Rasch-Modell überprüft wurde. Wie bereits beschrieben, wurden für die Kalibrierung des Tests die Datensätze aller Schüler zu jedem Testzeitpunkt einbezogen. Da es sich bei dem Rasch-Modell um ein Modell der probabilistischen Testtheorie handelt, werden andere Kenngrößen als bei der klassischen Testtheorie berechnet. Ein erstes Kriterium für die Modellgüte ist die Genauigkeit, mit der ein Test die Itemschwierigkeit und die Personenfähigkeit misst. Diese wird widergegeben durch die Item-Reliabilität und die Personen-Reliabilität. Die Item-Reliabilität lag bei 1,0 während die Personen-Reliabilität 0,69 betrug. Die Reliabilitätskoeffizienten können, vergleichbar zu Cronbachs Alpha, Werte zwischen 0 und 1 annehmen (Bond & Fox, 2010). Die erzielten Werte sprechen damit für eine hohe bzw. akzeptable Fähigkeit des Tests die Hierarchie der Itemschwierigkeiten und der Verteilung der Personenfähigkeiten zu definieren. Um die Passung der Items an das Modell zu beurteilen, wurden die Infit-Werte (auch Weighted-Mean-Square; wMNSQ) herangezogen (ebd.). WMNSQ-Werte geben die Differenz zwischen den vom Modell erwarteten und den tatsächlich beobachteten Parametern an. Sie können Werte zwischen 0 und unendlich annehmen, wobei der Erwartungswert einer perfekten Passung erwarteter und beobachteter Parameter bei 1 liegt. In Anlehnung an Wilson (2005) wurden Grenzen zwischen 0,77 und 1,3 verwendet, um die Modellpassung der Items zu beurteilen. Die Infit-Werte lagen zwischen 0,79 und 1,18 und sprachen daher für eine gute Passung aller Items auf das berechnete Rasch-Modell.

Da in dieser Teilarbeit die Faszinationsskala zum ersten Mal bei einer kurzen Intervention und bei Jugendlichen eingesetzt wurde, liegt bisher keine Literatur hierzu vor. Als Diskussionsgrundlage können nur zwei Studien einer Arbeitsgruppe dienen, die das Konstrukt mittels einer anderen Skala messen (Bathgate & Schunn, 2017; Bonnette et al., 2019). Darüber hinaus kann Literatur nahe verwandter Konzepte, wie des Interesses oder der Motivation gegenüber Naturwissenschaften herangezogen werden. Bei letzterem Konstrukt wird Motivation, wie bereits beschrieben, auf Grundlage der Selbstbestimmungstheorie betrachtet. Zunächst konnte festgestellt werden, dass

sich die Faszination für Biologie durch die Teilnahme am Unterrichtsmodul nicht verändert hatte. Wie bereits von Bathgate und Schunn (2017) vermutet, deutet das Ergebnis darauf hin, dass es sich bei der Faszination um ein eher stabiles Konzept handelt. Mutmaßlich könnte sich die Faszination über einen längeren Zeitraum und verschiedene Stufen hinweg, von eher situationalen Gefühlen, wie Neugierde und Vergnügen, zu eher komplexen und anhaltenden Einstellungen entwickeln. Dies wurde bereits für die Entwicklung von Interesse postuliert. Hidi und Renninger (2006) gehen von einem Vier-Phasen-Modell der Interessenentwicklung aus, welches annimmt, dass sich ein stabiles, individuelles Interesse über vier Stufen hinweg aus situationalem Interesse entwickelt. Als Voraussetzung hierfür gilt jedoch, dass sich Lernende wiederholt mit einer Thematik auseinandersetzen. Übertragen auf die Faszination würde dies bedeuten, dass die kurzfristige Auseinandersetzung nicht zu einer Veränderung der einstellungsbezogenen Motivation führen konnte. Vermutlich hätte sich ein längerer Interventionszeitraum oder, bezogen auf die Citizen-Science-Aktivität, die stärkere Involvierung der Schüler in weitere Schritte des wissenschaftlichen Prozesses positiv auf die Faszination auswirken können. In der Studie von Bonnette et al. (2019) hatten wiederholt dargebotene, informelle Lerngelegenheiten innerhalb eines Semesters zu einem Anstieg der Faszination von Sechstklässlern geführt.

Des Weiteren zeigte sich ein positiver Zusammenhang zwischen der Faszination und dem Vorwissen sowie dem Wissenserwerb. Schüler mit hoher Faszination wussten bereits im Vortest signifikant mehr als Schüler mit geringen Faszinationswerten. Zwar lernten in Bezug zu ihrem Vorwissen alle Schüler dazu, jedoch erzielten besonders faszinierte Schüler insgesamt und langfristig den größten Lernerfolg. Während Schüler mit geringer und mittlerer Faszination zwischen dem Nachtest und Behaltenstest signifikant vergaßen, war dies bei Schülern mit hoher Faszination nicht festzustellen. Dadurch konnten sie ihren Wissensvorsprung im Vortest weiter ausbauen und wussten im Mittel zu T2 2,5 Fragen mehr als Schüler der mittleren Gruppe und 3,9 Fragen mehr als die Schüler mit geringer Faszination. Studien zur Motivation gegenüber Naturwissenschaften berichten von ähnlichen Mustern beim Vergleich des Lernerfolgs unterschiedlich motivierter Schüler (Bryan et al., 2011; Glynn et al., 2007). Auch in Bezug auf den Erwerb umweltrelevanten Wissens, konnte bereits gezeigt werden, dass motiviertere Schüler insgesamt bessere Leistungen erbrachten (Schumm & Bogner, 2016b). Ein möglicher Grund für das gute Abschneiden von Schülern mit hoher Faszination für die Biologie könnte die dargebotene Lernumgebung gewesen sein. Von der aktiven Teilhabe an authentischer wissenschaftlicher Forschung durch das Citizen-Science-Projekt und den schülerzentrierten Aktivitäten und Hands-on-Erfahrungen des Unterrichtsmoduls, profitierten mutmaßlich besonders die Schüler mit hoher Faszination. hands-on Aktivitäten wurden bereits in Zusammenhang mit dem Lernerfolg von Schülern mit hoher Motivation gegenüber Naturwissenschaften gebracht (Goldschmidt & Bogner, 2016; Jurišević et al., 2012).

Zuletzt konnten Geschlechterunterschiede bezüglich der Faszination für Biologie festgestellt werden. Mädchen zeigten zu allen Testzeitpunkten eine höhere Faszination als Jungen. Dieses Ergebnis deutet auf eine Geschlechterabhängigkeit der Ausprägungen von Faszination für Biologie hin, wie sie bereits in Bezug auf naturwissenschaftsbezogene Interessen, Motivationen und Einstellungen angenommen wird (Baram Tsabari & Yarden, 2005; Buccheri et al., 2011; Jones et al., 2000). Die Geschlechterabhängigkeit der Faszination sollte auch für weitere Fachbereiche in weiterführenden Vergleichsstudien untersucht werden.

3.6. Schlussfolgerungen und Ausblick

Die Ergebnisse der vorliegenden Studie können nicht verallgemeinert werden, sie können aber Anhaltspunkte für die Unterrichtspraxis und die didaktische Forschung zur Biodiversitätsbildung bieten, die im Folgenden erläutert werden.

Ausgehend von einem moderat konstruktivistischen Verständnis von Lernen, bilden Schülervorstellungen eine übergeordnete Rolle für die Effektivität von Bildungsmaßnahmen. Die vorliegende Studie bestätigt bisherige Befunde zu Schülervorstellungen in Bezug auf die Biodiversität insofern, dass die teilnehmenden Schüler die Biodiversität überwiegend mit der Artenvielfalt gleichsetzten (z.B. Menzel & Bögeholz, 2006). Trotz der Reduktion des Konzepts stellten Schüler funktionelle Zusammenhänge zur Artenvielfalt her, wie z.B. den Auswirkungen von Artensterben auf Nahrungsnetze oder auf das menschliche Wohlergehen. An dieses systemische Denken könnten Unterrichtskonzepte anknüpfen, sollten dabei aber zwingend ein umfassenderes Bild der Biodiversität beleuchten. Komplexere Zusammenhänge zwischen der Biodiversität und Ökosystemfunktionen als auch die Auswirkungen des Biodiversitätsverlustes können nur nachvollzogen werden, wenn die verschiedenen Ebenen der Biodiversität sowie deren Zusammensetzung verstanden wird. Die zunehmende Popularität des Themas in den Medien und der gesellschaftlichen Diskussion ist zwar durchaus als positiv zu bewerten, kann jedoch auch zu einer weiteren Reduktion des Begriffs auf die Vielfalt der Arten und der Fokussierung auf den Erhalt einzelner Arten führen. Ein Beispiel hierfür war das Volksbegehren „Artenvielfalt und Naturschönheit in Bayern“. In der Öffentlichkeit unter dem Motto „Rettet die Bienen“ bekannt, war die mediale Berichterstattung insbesondere auf den Schutz der Bienen und die an Landwirte gestellten Forderungen fokussiert. Der Gesetzesentwurf enthielt jedoch unter anderem auch den Erhalt der biologischen Vielfalt staatlicher Wälder. Vor diesem Hintergrund erscheint es umso wichtiger, Schüler adäquat auf den gesellschaftlichen Diskurs und zukünftige Entscheidungsfindungsprozesse vorzubereiten.

Des Weiteren konnte durch die qualitative Analyse der Schülervorstellungen mehrheitlich eine wertschätzende Haltung gegenüber der Biodiversität festgestellt werden, jedoch wurde der

3 SYNOPSIS

Nutzen der biologischen Vielfalt überwiegend dem Menschen zugeschrieben. Auch in Bezug auf den Schutz der Biodiversität offenbarte ein Teil der Schüler anthropozentrische Sichtweisen. Der Erhalt der Biodiversität kann sowohl öko- als auch anthropozentrisch begründet werden. Einige Studien deuten darauf hin, dass ökozentrische Einstellungen wahrscheinlicher in umweltfreundliches Verhalten übersetzt werden als anthropozentrische Sichtweisen (z.B. Nordlund & Garvill, 2002; Thompson & Barton, 1994). Gleichzeitig geht man aber auch davon aus, dass Personen, die der Biodiversität einen hohen Wert für menschliches Wohlbefinden zuschreiben, ebenso gewillt sind diese zu erhalten (vgl. Kibbe et al., 2014). Ein biodiversitätsbildender Ansatz sollte daher sowohl den Eigenwert der Natur betonen als auch eine wertschätzende Haltung gegenüber der Nutzung natürlicher Ressourcen fördern. Außerdem deuten die Ergebnisse der vorliegenden Studie darauf hin, dass Jugendliche den Wert kultureller Leistungen nicht erkennen (vgl. Torkar, 2016). Da diese Leistungen jedoch in direktem Bezug zu einer wertschätzenden Nutzung der Biodiversität stehen, sollten Bildungsmaßnahmen alle Kategorien von Ökosystemdienstleistungen gleichermaßen einbeziehen, um deren Wertschätzung ganzheitlich zu fördern.

Der schülerzentrierte, hands-on Ansatz des konzipierten Unterrichtsmoduls erwies sich in Bezug auf den Wissenserwerb als effektiv. Biodiversitätsbezogenes Wissen konnte, in Abhängigkeit zum individuellen Vorwissen der Schüler, kurz- als auch langfristig gefördert werden. Allerdings wirkten sich sowohl Umwelteinstellungen als auch die Faszination für Biologie auf den Lernerfolg aus. In Bezug auf die Umwelteinstellungen konnte eine Geschlechterabhängigkeit bestätigt werden, die sich allerdings nicht in einem geschlechterabhängigen Wissenserwerb widerspiegelte. Dies spricht dafür, dass die Unterrichtseinheit durch das Ansprechen einer wertschätzenden Nutzung der Natur und das Aufzeigen des Mehrwerts einer intakten Biodiversität, beide Geschlechter und deren Präferenzen gleichermaßen ansprach. Dies wurde bereits von vorliegenden Studien gefordert und sollte in zukünftigen Unterrichtsplanungen berücksichtigt werden, um ein Gendergap im Hinblick auf den Erwerb umweltrelevanten Wissens zu vermeiden (vgl. Schumm & Bogner, 2016a).

Die Effektivität der Einbindung von Citizen Science in das Unterrichtsmodul wurde im Rahmen der vorliegenden Studie nicht untersucht. Allerdings lässt der Wissenserwerb im Sub-Modul zur Citizen-Science-Aktivität vermuten, dass besonders Schüler mit positiven Umwelteinstellungen von dem Ansatz profitierten. Citizen Science ermöglicht naturwissenschaftliches Lernen in einem authentischen, wissenschaftlichen Kontext (vgl. Hogan, 2002). Hiller & Kitsantas (2014) berichteten in diesem Zusammenhang von einer Steigerung der Schüler-Selbstwirksamkeit in Bezug auf wissenschaftliche Beobachtungskompetenz. Im vorliegenden Fall konnten die Schüler direkt zum Biodiversitätsmonitoring und damit zu wissenschaftlichen Bemühungen zum Biodiversitätsschutz beitragen. Die Vermutung liegt nahe, dass Citizen-Science-Aktivitäten dieser Art, die

Selbstwirksamkeit und das Verantwortungsbewusstsein in Bezug auf umweltrelevante Themen fördern können. Speziell im Bereich formeller Biodiversitätsbildung sollten diese und weitere Auswirkungen einer Einbindung von Citizen Science in den Unterricht empirisch untersucht werden.

Die Ergebnisse zur Faszination geben erste Hinweise auf die Relevanz des Konstrukts für die unterrichtliche Praxis sowie die didaktische Forschung. Zunächst scheint die Faszination, vergleichbar mit dem Interesse, einen eher stabilen Charakter zu haben (vgl. Hidi & Renninger, 2006). Eine Änderung der Faszination durch kurzfristige Interventionen scheint daher nicht realisierbar. Der Unterrichtsansatz der vorliegenden Gesamtstudie hat bei Schülern mit unterschiedlicher Ausprägung der Faszination, langfristig betrachtet, zu einem Leistungsgefälle geführt. Besonders faszinierte Schüler schnitten bereits im Vortest besser ab und konnten den Wissensvorsprung langfristig noch vergrößern. Ein solches Leistungsgefälle könnte sich in der unterrichtlichen Praxis zunehmend vergrößern. Daher sollten geeignete Fördermaßnahmen zur Faszination entwickelt und eingesetzt werden. Weiterführende Studien sollten das Konstrukt der Faszination vertieft untersuchen und sich der Frage widmen, wie sie im unterrichtlichen Kontext gefördert werden kann, da von einem Einfluss der Faszination auf den Erwerb umweltrelevanten Wissens ausgegangen werden muss.

4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS

- Adams, R. J., Wu, M. L., & Wilson, M. R. (2015). *ACER ConQuest: Generalised Item Response Modelling Software* (Version 4). Australian Council for Educational Research. Camberwell, Victoria.
- Amano, T., Lamming, J. D. L., & Sutherland, W. J. (2016). Spatial Gaps in Global Biodiversity Information and the Role of Citizen Science. *BioScience*, 66(5), 393–400.
<https://doi.org/10.1093/biosci/biw022>
- Arbuthnott, K. D., & Devoe, D. (2014). Understanding of Biodiversity Among Western Canadian University Students. *Human Ecology*, 42, 147–158. <https://doi.org/10.1007/s10745-013-9611-y>
- Baram Tsabari, A., & Yarden, A. (2005). Characterizing childrens' spontaneous interest in science and technology. *International Journal of Science Education*, 27, 803–826.
<https://doi.org/10.1080/09500690500038389>
- Bathgate, M., & Schunn, C. (2017). The psychological characteristics of experiences that influence science motivation and content knowledge. *International Journal of Science Education*, 39(17), 2402–2432. <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1386807>
- Bermudez, G. M. A., & Lindemann-Matthies, P. (2018). "What Matters Is Species Richness"—High School Students' Understanding of the Components of Biodiversity. *Research in Science Education*, 1–29.
- Bickel, M., Strack, M., & Bögeholz, S. (2015). Measuring the Interest of German Students in Agriculture: the Role of Knowledge, Nature Experience, Disgust, and Gender. *Research in Science Education*, 45(3), 325–344. <https://doi.org/10.1007/s11165-014-9425-y>
- Birbaumer, N., & Schmidt, R. F. (2006). Lernen und Gedächtnis. In N. Birbaumer & R. F. Schmidt (Hrsg.), *Biologische Psychologie* (6. Ausgabe, S. 593–638). Heidelberg: Springer.
https://doi.org/10.1007/3-540-30350-2_24
- Blanz, M. (2015). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen*. Stuttgart: W. Kohlhammer. http://www.content-select.com/index.php?id=bib_view&ean=9783170258365
- Bögeholz, S. (2007). Bewertungskompetenz für systematisches Entscheiden in komplexen Gestaltungssituationen Nachhaltiger Entwicklung. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung* (S. 209–220). Heidelberg: Springer.
https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_19

- Bogner, F. X. (2018). Environmental Values (2-MEV) and Appreciation of Nature. *Sustainability*, 10 (2), 350. <https://doi.org/10.3390/su10020350>
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (1999). Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. *European Psychologist*, 4 (3), 139–151.
- Bogner, F. X., & Wiseman, M. (2006). Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist*, 26, 247–254. <https://doi.org/10.1007/s10669-006-8660-9>
- Bond, T. G., & Fox, C. M. (2010). *Applying the Rasch model: Fundamental measurement in the human sciences* (2. ed.). Mahwah, New Jersey: Lawrence Erlbaum.
- Bonnette, R. N., Crowley, K., & Schunn, C. D. (2019). Falling in love and staying in love with science: ongoing informal science experiences support fascination for all children. *International Journal of Science Education*, 0 (0), 1–18. <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1623431>
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. (2017). Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy, 59 (11), 977–984. <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Borchers, C., Boesch, C., Riedel, J., Guilahoux, H., Ouattara, D., & Randler, C. (2014). Environmental Education in Côte d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary School Teaching Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and Attitudes. *International Journal of Science Education, Part B*, 4 (3), 240–259. <https://doi.org/10.1080/21548455.2013.803632>
- Bortz, J., & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: Für Human- und Sozialwissenschaftler* (4., überarbeitete Auflage). Heidelberg: Springer Medizin Verlag. <http://site.ebrary.com/lib/alltitles/docDetail.action?docID=10157732> <https://doi.org/10.1007/978-3-540-33306-7>
- Brügger, A., Kaiser, F. G., & Roczen, N. (2011). One for All? *European Psychologist*, 16 (4), 324–333. <https://doi.org/10.1027/1016-9040/a000032>
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. (2011). Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education*, 95 (6), 1049–1065. <https://doi.org/10.1002/sce.20462>
- Buccheri, G., Gürber, N. A., & Brühwiler, C. (2011). The Impact of Gender on Interest in Science Topics and the Choice of Scientific and Technical Vocations. *International Journal of Science Education*, 33 (1), 159–178. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518643>

4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS

- Buijs, A. E., Fischer, A., Rink, D., & Young, J. C. (2008). Looking beyond superficial knowledge gaps: Understanding public representations of biodiversity. *International Journal of Biodiversity Science and Management*, 4, 65–80. <https://doi.org/10.3843/Biodiv.4.2>
- CBD. (2010). *COP-10 Decision X/2*. Secretariat of the convention on biological diversity. <https://www.cbd.int/decision/cop/?id=12268>
- Cohen, J. (1960). A coefficient of agreement of nominal scales. *Educational and Psychological Measurement*, 20, 37–46. <https://doi.org/10.1177/001316446002000104>
- Díaz, S., Fargione, J., Chapin, F. S., & Tilman, D. (2006). Biodiversity loss threatens human well-being. *PLoS Biology*, 4(8), e277. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.0040277>
- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B., & Bonter, D. N. (2010). Citizen Science as an Ecological Research Tool : Challenges and Benefits. Advance online publication. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>
- Dieser, O., & Bogner, F. X. (2017). How individual environmental values influence knowledge acquisition of adolescents within a week-long outreach biodiversity module. *Journal of Global Research in Education and Social Science*, 9(4), 213–224.
- Eggert, S., & Bögeholz, S. (2009). Students' use of decision-making strategies with regard to socioscientific issues: An application of the Rasch partial credit model. *Science Education*, 1(4), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1002/sce.20358>
- Ehrlich, P. R., & Pringle, R. M. (2008). Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105, 11579 - 11586. <https://doi.org/10.1073/pnas.0801911105>
- Eitzel, M. V., Cappadonna, J. L., Santos-lang, C., Duerr, R. E., Virapongse, A., West, S. E., Conrad, C., Kyba, M., Bowser, A., Cooper, C. B., Sforzi, A., Metcalfe, A. N., Harris, E. S., Thiel, M., Haklay, M., Ponciano, L., Roche, J., Ceccaroni, L., Shilling, F. M., Jiang, Q. (2017). Citizen Science Terminology Matters: Exploring Key Terms. *Citizen Science Theory and Practice*, 2(1), 1–20.
- Elliot, A. J., & McGregor, H. A. (2001). A 2 X 2 achievement goal framework. *Journal of Personality and Social Psychology*, 80(3), 501–519. <https://doi.org/10.1037/0022-3514.80.3.501>
- European Commission. (2015). *Special Eurobarometer 436 - Attitudes of Europeans towards Biodiversity*.
- Fiebelkorn, F., & Menzel, S. (2013). Student Teachers' Understanding of the Terminology, Distribution, and Loss of Biodiversity: Perspectives from a Biodiversity Hotspot and an

- Industrialized Country. *Research in Science Education*, 43, 1593–1615.
<https://doi.org/10.1007/s11165-012-9323-0>
- Fischer, A., & Young, J. C. (2007). Understanding mental constructs of biodiversity: Implications for biodiversity management and conservation. *Biological Conservation*, 136, 271–282.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2006.11.024>
- Follett, R., & Strezov, V. (2015). An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. *PLOS ONE*, 10(11), e0143687. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0143687>
- Frederking, A., Richter, S., & Schumann, K. (2016). Citizen Science auf dem Weg in den Wissenschaftsalltag. *lit perspektive* 26, 1, 9.
- Fremerey, C., & Bogner, F. X. (2015). Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. *Studies in Educational Evaluation*, 44, 9–15.
<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2014.11.002>
- Gayford, C. (2000). Biodiversity Education: A teacher's perspective. *Environmental Education Research*, 6(4), 347–361. <https://doi.org/10.1080/713664696>
- Girden, E. (1992). *ANOVA: Repeated Measures*. Newbury Park, CA: SAGE Publications, Inc.
<https://doi.org/10.4135/9781412983419>
- Glynn, S. M., Taasobshirazi, G., & Brickman, P. (2007). Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8), 1088–1107.
<https://doi.org/10.1002/tea.20181>
- Goldschmidt, M., & Bogner, F. X. (2016). Learning About Genetic Engineering in an Outreach Laboratory: Influence of Motivation and Gender on Students' Cognitive Achievement. *International Journal of Science Education, Part B*, 6(2), 166–187.
<https://doi.org/10.1080/21548455.2015.1031293>
- Greenwood, J. J. D. (2007). Citizens, science and bird conservation. *Journal of Ornithology*, 148(1), 77–124.
- Gröhlich, C., Scharenberg, K., & Bos, W. (2009). Wirkt sich Leistungsheterogenität in Schulklassen auf den individuellen Lernerfolg in der Sekundarstufe aus? *Journal for educational research online*, 1(1), 86–105.
- Gropengießer, H. (2006). *Wie man Vorstellungen der Lerner verstehen kann: Lebenswelten, Denkwelten, Sprechwelten* (2., aktualisierte Aufl.). *Beiträge zur didaktischen Rekonstruktion* 4. Oldenburg: Didaktisches Zentrum Carl-von-Ossietzky-Univ.

4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS

- Haag, L., & Streber, D. (2014). *Individuelle Förderung: Eine Einführung in Theorie und Praxis*. Weinheim: Beltz.
- Harackiewicz, J. M., Durik, A. M., Barron, K. E., Linnenbrink-Garcia, L., & Tauer, J. M. (2008). The role of achievement goals in the development of interest: Reciprocal relations between achievement goals, interest, and performance. *Journal of educational psychology*, 100(1), 105.
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & DeWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings. Biological Sciences*, 270(1512), 313–321.
<https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>
- Hidi, S., & Renninger, K. A. (2006). The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational Psychologist*, 41(2), 111–127. https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hiller, S. E., & Kitsantas, A. (2014). The Effect of a Horseshoe Crab Citizen Science Program on Middle School Student Science Performance and STEM Career Motivation. *School Science and Mathematics*, 114(6), 302–311. <https://doi.org/10.1111/ssm.12081>
- Hogan, K. (2002). Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *Journal of Research in Science Teaching*, 39(4), 341–368.
<https://doi.org/10.1002/tea.10025>
- Hunter, L. M., & Brehm, J. (2003). Qualitative Insight into Public Knowledge of, and Concern with, Biodiversity. *Human Ecology*, 31(2), 309–320. <http://www.jstor.org/stable/4603472>
- IBM Corp. (2016). *IBM SPSS Statistics for Windows* (Version 24). IBM Corp. Armonk, New York.
- Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES. (2019). *Summary for policymakers of the global assessment report on biodiversity and ecosystem services*. https://zenodo.org/record/3553579/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf
- ISB. (2017). *LehrplanPLUS für das neunjährige Gymnasium*. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium>
- Johnson, B., & Manoli, C. C. (2010). The 2-MEV scale in the United States: a measure of children's environmental attitudes based on the theory of ecological attitude. *The Journal of Environmental Education*, 42(2), 84–97.

- Johnson, C. N., Balmford, A., Brook, B. W., Buettel, J. C., Galetti, M., Guangchun, L., & Wilmshurst, J. M. (2017). Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science (New York, N.Y.)*, 356(6335), 270–275. <https://doi.org/10.1126/science.aam9317>
- Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180–192. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<180::AID-SCE3>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<180::AID-SCE3>3.0.CO;2-X)
- Jurišević, M., Vrtačnik, M., Kwiatkowski, M., & Gros, N. (2012). The interplay of students' motivational orientations, their chemistry achievements and their perception of learning within the hands-on approach to visible spectrometry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13(3), 237–247. <https://doi.org/10.1039/C2RP20004J>
- Kaiser, F. G., Roczen, N., & Bogner, F. X. (2008). Competence formation in environmental education: Advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie*, 12(2), 56–70.
- Kattmann, U. (2007a). Biologie-Lernen mit Alltagsvorstellungen. In *Unterricht Biologie*, 329 (S. 2–6).
- Kattmann, U. (2007b). Didaktische Rekonstruktion — eine praktische Theorie. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 93–104). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_9
- Kelemen-Finan, J., Scheuch, M., & Winter, S. (2018). Contributions from citizen science to science education: an examination of a biodiversity citizen science project with schools in Central Europe. *International Journal of Science Education*, 40(17), 2078–2098. <https://doi.org/10.1080/09500693.2018.1520405>
- Kibbe, A., Bogner, F. X., & Kaiser, F. G. (2014). Exploitative vs. appreciative use of nature – Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. *Studies in Educational Evaluation*, 41, 106–112. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2013.11.007>
- Kilinc, A., Yeşiltaş, N. K., Kartal, T., Demiral, Ü., & Eroğlu, B. (2013). School Students' Conceptions about Biodiversity Loss: Definitions, Reasons, Results and Solutions. *Research in Science Education*, 43(6), 2277–2307. <https://doi.org/10.1007/s11165-013-9355-0>
- Killermann, W., Hiering, P., & Starosta, B. (2018). *Biologieunterricht heute: Eine moderne Fachdidaktik* (17. Auflage). Didaktik. Auer.

4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS

- Koller, I., Alexandrowicz, R., & Hatzinger, R. (2012). *Das Rasch-Modell in der Praxis: Eine Einführung mit eRm* (1. Aufl.). *utb-studi-e-book: Vol. 3786*. Facultas.wuv. <http://www.utb-studi-e-book.de/9783838537863>
- Kullenberg, C., & Kasperowski, D. (2016). What Is Citizen Science? – A Scientometric Meta-Analysis. *PLOS ONE*, 11(1), e0147152. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0147152>
- Landis, J. R., & Koch, G. G. (1977). The Measurement of Observer Agreement for Categorical Data. *Biometrics*, 33, 159–174.
- Liefländer, A. K., & Bogner, F. X. (2016). Educational impact on the relationship of environmental knowledge and attitudes. *Environmental Education Research*, 24(4), 611–624. <https://doi.org/10.1080/13504622.2016.1188265>
- Lindemann-Matthies, P., & Bose, E. (2008). How Many Species Are There? Public Understanding and Awareness of Biodiversity in Switzerland. *Human Ecology*, 36(5), 731–742. <https://doi.org/10.1007/s10745-008-9194-1>
- Lindemann-Matthies, P. (2005). 'Loveable' mammals and 'lifeless' plants: how children's interest in common local organisms can be enhanced through observation of nature. *International Journal of Science Education*, 27(6), 655–677. <https://doi.org/10.1080/09500690500038116>
- Lückmann, K., Lagemann, V., & Menzel, S. (2013). Landscape Assessment and Evaluation of Young People. *Environment and Behavior*, 45(1), 86–112. <https://doi.org/10.1177/0013916511411478>
- Markey, A., & Loewenstein, G. (2014). Curiosity. In *International handbook of emotions in education* (S. 238–255). New York: Routledge.
- Marth, M., & Bogner, F. X. (2017). Does the issue of bionics within a student-centered module generate long-term knowledge? *Studies in Educational Evaluation*, 55, 117–124. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.09.001>
- Martín-López, B., Montes, C., & Benayas, J. (2007). The non-economic motives behind the willingness to pay for biodiversity conservation. *Biological Conservation*, 139(1-2), 67–82. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2007.06.005>
- Mayring, P. (2001). Combination and Integration of Qualitative and Quantitative Analysis. *Forum Qualitative Sozialforschung / Forum: Qualitative Social Research; Vol 2, No 1 (2001): Qualitative and Quantitative Research: Conjunctions and Divergences*. Advance online publication. <https://doi.org/10.17169/fqs-2.1.967>

- Menzel, S., & Bögeholz, S. (2006). Vorstellungen und Argumentationsstrukturen von Schüler (inne) n der elften Jahrgangsstufe zur Biodiversität, deren Gefährdung und Erhaltung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 12, 199–217.
- Milfont, T. L., & Duckitt, J. (2004). The structure of environmental attitudes: A first- and second-order confirmatory factor analysis. *Journal of Environmental Psychology*, 24, 289–303. <https://doi.org/10.1016/j.jenvp.2004.09.001>
- Millennium Ecosystem Assessment. (2005). *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. Washington DC. World Resources Institute.
- Morinière, J., Araujo, B. de, Lam, A. W., Hausmann, A., Balke, M., Schmidt, S., Hendrich, L., Doczkal, D., Fartmann, B., Arvidsson, S., & Haszprunar, G. (2016). Species Identification in Malaise Trap Samples by DNA Barcoding Based on NGS Technologies and a Scoring Matrix. *PLOS ONE*, 11 (5), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155497>
- Navarro-Perez, M., & Tidball, K. G. (2012). Challenges of Biodiversity Education: A Review of Education Strategies for Biodiversity Education. *International Electronic Journal of Environmental Education*, 2(1), 13–30.
- Nordlund, A. M., & Garvill, J. (2002). Value Structures Behind Proenvironmental Behavior. *Environment and Behavior*, 34(6), 740–756. <https://doi.org/10.1177/001391602237244>
- Novacek, M. J. (2008). Engaging the public in biodiversity issues. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(Supplement 1), 11571–11578.
- Otto, S., Körner, F., Marschke, B., Merten, M. J., Brandt, S., Kaiser, F. G., Sotiriou, S., & Bogner, F. X. (2019). Deeper Learning as Integrated Knowledge and Fascination for Science. *submitted*.
- Peter, M., Diekötter, T., & Kremer, K. (2019). Participant Outcomes of Biodiversity Citizen Science Projects: A Systematic Literature Review. *Sustainability*, 11 (10), 2780. <https://doi.org/10.3390/su11102780>
- Prediger, S., & Aufschnaiter, C. von. (2017). Umgang mit heterogenen Lernvoraussetzungen aus fachdidaktischer Perspektive: Fachspezifische Anforderungs- und Lernstufungen berücksichtigen. In T. Bohl, J. Budde, & M. Rieger-Ladich (Eds.), *Umgang mit Heterogenität in Schule und Unterricht: Grundlagentheoretische Beiträge, empirische Befunde und didaktische Reflexionen* (291–207). Klinkhardt.
- Ramstetter, L., & Habersack, F. (2019). Do women make a difference? Analysing environmental attitudes and actions of Members of the European Parliament. *Environmental Politics*, 78(4), 1–22. <https://doi.org/10.1080/09644016.2019.1609156>

4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS

- Ratcliffe, M., & Grace, M. (2003). *Science education for citizenship: Teaching socio-scientific issues*. McGraw-Hill Education (UK).
- Riemeier, T. (2007). Moderater Konstruktivismus. In D. Krüger & H. Vogt (Eds.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (pp. 69–79). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-68166-3_7
- Roczen, N., Kaiser, F. G., Bogner, F. X., & Wilson, M. (2014). A Competence Model for Environmental Education. *Environment and Behavior*, 46(8), 972–992. <https://doi.org/10.1177/0013916513492416>
- Rosenberg, M. J., & Hovland, C. I. (1960). Cognitive, affective, and behavioral components of attitudes. In M. J. Rosenberg (Ed.), *Attitude organization and change: an analysis of consistency among attitude components* (Yale studi, pp. 1–14). Yale University Press.
- Schmid, S., & Bogner, F. X. (2018). Is there more than the sewage plant? University freshmen's conceptions of the urban water cycle. *PLOS ONE*, 13(7), e0200928.
- Schnell, R., Hill, P. B., & Esser, E. (2018). *Methoden der empirischen Sozialforschung* (11., überarbeitete Auflage). De Gruyter Studium. De Gruyter Oldenbourg. http://www.degruyter.com/search?f_0=isbnissn&q_0=9783110577327&searchTitles=true
- Schrenk, M., Gropengießer, H., Groß, J., Hammann, M., Weitzel, H., & Zabel, J. (2019). Schülervorstellungen im Biologieunterricht. In J. Groß, M. Hammann, P. Schmiemann, & J. Zabel (Hrsg.), *Biologiedidaktische Forschung: Erträge für die Praxis* (pp. 3–20). Heidelberg: Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-662-58443-9_1
- Schumm, M. F., & Bogner, F. X. (2016a). How Environmental Attitudes Interact with Cognitive Learning in a Science Lesson Module. *Education Research International*, 2016(4), 1–7. <https://doi.org/10.1155/2016/6136527>
- Schumm, M. F., & Bogner, F. X. (2016b). The impact of science motivation on cognitive achievement within a 3-lesson unit about renewable energies. *Studies in Educational Evaluation*, 50, 14–21. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.06.002>
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2004). The Convention on Biological Diversity from Conception to Implementation. *CBD News Special Edition*.
- Shah, H. R., & Martinez, L. R. (2016). Current Approaches in Implementing Citizen Science in the Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1), 17–22. <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1032>

- Shaw, K. R. M., van Horne, K., Zhang, H., & Boughman, J. (2008). Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics*, 178, 1157–1168.
<https://doi.org/10.1534/genetics.107.084194>
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung München. (2004). *Lehrplan für das achttjährige Gymnasium (G8)*. Kastner. www.gym8-lehrplan.bayern.de
- Sturm, P., & Berthold, T. (2015). Biodiversität im Unterricht—ein Konzept zur Umsetzung der Bayerischen Biodiversitätsstrategie im schulischen Bereich. *Anliegen Natur*, 37(2), 76–83.
- Theobald, E. J., Ettinger, A. K., Burgess, H. K., DeBey, L. B., Schmidt, N. R., Froehlich, H. E., Wagner, C., HilleRisLambers, J., Tewksbury, J., Harsch, M. A., & Parrish, J. K. (2015). Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biological Conservation*, 181, 236–244. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.10.021>
- Thompson, S. C. G., & Barton, M. A. (1994). Ecocentric and Anthropocentric Attitudes toward the Environment. *Journal of Environmental Psychology*, 14, 149–157.
- Thorn, C., & Bogner, F. (2018). How Environmental Values Predict Acquisition of Different Cognitive Knowledge Types with Regard to Forest Conservation. *Sustainability*, 10(7), 2188.
<https://doi.org/10.3390/su10072188>
- Torkar, G. (2016). Secondary school students' environmental concerns and attitudes toward forest ecosystem services: Implications for Biodiversity Education. *International Journal of Environmental & Science Education*, 11(18), 11019–11031.
- Turner-Erfort, G. (1997). Public awareness and perceptions of biodiversity. *Transactions of the Illinois State Academy of Science*, 90(3), 113–121.
- Van Weelie, D., & Wals, A. (2002). Making biodiversity meaningful through environmental education. *International Journal of Science Education*, 24(11), 1143–1156.
<https://doi.org/10.1080/09500690210134839>
- Weitzel, H., & Gropengießer, H. (2009). Vorstellungsentwicklung zur stammesgeschichtlichen Anpassung: Wie man Lernhindernisse verstehen und förderliche Lernangebote machen kann. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 15, 287–305.
- Wilcox, R. R. (Ed.). (2012). *Statistical Modeling and Decision Science. Introduction to robust estimation and hypothesis testing* (3. ed.). Waltham, MA: Elsevier/Academic Press.
- Wilson, M. (2005). *Constructing measures: An item response modeling approach*. London: Lawrence Erlbaum Associates.

4 LITERATURVERZEICHNIS DER SYNOPSIS

Wiseman, M., & Bogner, F.X. (2003). A higher-order model of ecological values and its relationship to personality. *Personality and Individual Differences*, 34 (5), 783–794.

[https://doi.org/10.1016/S0191-8869\(02\)00071-5](https://doi.org/10.1016/S0191-8869(02)00071-5)

Zelezny, L. C., Chua, P.-P., & Aldrich, C. (2000). New Ways of Thinking about Environmentalism: Elaborating on Gender Differences in Environmentalism. *Journal of Social Issues*, 56 (3), 443–457. <https://doi.org/10.1111/0022-4537.00177>

Zöfel, P. (2003). *Statistik für Psychologen: Im Klartext. Pearson Studium*. München: Pearson.

<http://www.sub.uni-hamburg.de/ebook/ebook.php?act=b&cid=2363>

5 TEILARBEITEN

5.1. Publikationsliste

- (A) Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2019)
Between Environmental Utilization and Protection: Adolescent Conceptions of Biodiversity, *Sustainability*, 11 (17), 4517; <https://doi.org/10.3390/su11174517>
- (B) Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2020)
FutureForest – Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom, *American Biology Teacher*, 82 (4), 234–240;
<https://doi.org/10.1525/abt.2020.82.4.234>
- (C) Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2020)
The Relation between Knowledge Acquisition and Environmental Values within the Scope of a Biodiversity Learning Module, *Sustainability*, 12(5), 2036;
<https://doi.org/10.3390/su12052036>
- (D) Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. (2020)
How fascination for biology is associated with students' learning in a biodiversity citizen science project, *Studies in Educational Evaluation*, 66, 100892;
<https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100892>

5.2. Darstellung des Eigenanteils

Die Durchführung der Intervention, die Erhebung aller empirischen Daten, die Entwicklung der Fragestellungen sowie die statistischen Analysen und deren Interpretation erfolgten durch mich. Alle Teilarbeiten wurden von mir als Erstautoring eigenständig konzipiert, verfasst und in Zusammenarbeit mit Herrn Prof. Franz X. Bogner überarbeitet.

Die offenen Fragen und das Kategoriensystem in Teilstudie A wurden von mir entworfen. Die Einordnung der Schülerantworten in die Kategorien wurden von einer studentischen Hilfskraft gegengetestet.

Das Unterrichtsmodul der Teilstudie B wurde von mir konzipiert. Alle verwendeten Unterrichtsmaterialien wurden selbstständig entworfen. Teilweise wurden Ideen zu Materialien aus Quellen entnommen und von mir adressatengerecht aufbereitet.

Die verwendeten Skalen zur Überprüfung der Umwelteinstellungen und der Faszination in den Teilstudien B und D wurden der Literatur entnommen. Die Fragen zur Überprüfung des Wissens wurden von mir konzipiert.

5.3. Teilarbeit A

Sustainability, 2019, 11(17), 4517

Between Environmental Utilization and Protection: Adolescent Conceptions of Biodiversity

Jennifer Schneiderhan-Opel^{1*}, Franz X. Bogner¹

¹Centre of Math & Science Education (Z-MNU), Department of Biology Education,
University of Bayreuth, NW1, 95447 Bayreuth, Germany

*Correspondence: jennifer.schneiderhan@uni-bayreuth.de

Between Environmental Utilization and Protection: Adolescent Conceptions of Biodiversity

Abstract

As human activities threaten biodiversity on a global scale, preventing further biodiversity loss requires scientifically literate and environmentally responsible citizens. Biodiversity education (BE) as part of education for sustainable development (ESD) may lay the foundation of fostering a sense of responsibility for biodiversity and its preservation among future generations. Meaningful learning depends on the integration of new knowledge into already existing student conceptions (i.e., students' pre-instructional mental concepts and ideas of teaching subjects). Thus, assessment and consideration of student conceptions on biodiversity are of high relevance for the development of successful BE and ESD lessons. In the present qualitative study, we applied three open-ended questions in a paper-and-pencil format to assess adolescents' pre-instructional conceptions on biodiversity, its benefits, and protection. Almost our total sample of 275 German 10th graders equated biodiversity with species diversity, revealing an only fragmented understanding of the scientific concept of biodiversity. Conceptions of the benefits of biodiversity were almost equally balanced between environmental and economic benefits. Notions of environmental preservation considerably outnumbered notions of environmental utilization in student conceptions of biodiversity protection.

Keywords: conceptions; biodiversity education; education for sustainable development; biodiversity education; environmental preservation; environmental utilization

1. Introduction

Following the definition of the Millennium Ecosystem Assessment (MA), biodiversity is regarded as “the variability among living organisms from all sources including, inter alia, terrestrial, marine and other aquatic ecosystems and the ecological complexes of which they are part; this includes diversity within species, between species and of ecosystems” [1] (p. 18). What is important to this definition is that the concept of biodiversity covers three dimensions: ecosystem diversity, species diversity, and genetic diversity and should not—as it is often the case—be equated to species diversity only. It has been 16 years since the Convention on Biological Diversity (CBD) was opened for signature at the Rio de Janeiro Earth Summit, in June 1992 [2]. Altogether 196 countries agreed upon the common goal to reduce biodiversity loss and to achieve biodiversity conservation as well as its sustainable development by 2010 [3].

Since the goal had not been reached, CBD parties set up the Strategic Plan for Biodiversity and the Aichi Biodiversity Targets, to be met until 2020 [4,5]. To date, biodiversity change and loss is still

a major global challenge [6]. Recent studies, e.g., on the decline of flying insect species, indicate no positive change [7]. The bioethical value of biodiversity may be seen from an ecocentric or anthropocentric point of view [8]. Both represent positive perspectives towards nature preservation but differ in its justification. Following the definition by Washington et al. we use the term ecocentrism as an umbrella term for a nature-centered value system that includes biocentric and zoocentric worldviews [9]. In contrast to ecocentrism, anthropocentrism is a human-centered value system that is focused on nature's value for human well-being only and places the human species above all other organisms [8,10]. Concerning the intrinsic value of nature, "biodiversity is now known to be a major determinant, perhaps the major determinant, of community and ecosystem dynamics and functioning" [11] (p. 472). As biodiversity determines ecosystem functioning, there is also a strong link between biodiversity and ecosystem services [12]. Ecosystem services are goods and benefits that are provided to humans by ecosystems and are directly linked to human well-being [1,12]. Following the MA, these services can be categorized into provisioning services (e.g., food or freshwater), regulating services (e.g., climate regulation), cultural services (e.g., aesthetic or spiritual values) and supporting services (e.g., primary production) [13]. The latter form the basis of all the other ecosystem services. Hence, biodiversity is one of the key elements of environmental functioning and is essential to human well-being. Paradoxically, however, biodiversity change and loss are mainly caused by human activity [14]. The large impact humans have on biodiversity or vice versa implies that any attempt to address biodiversity protection strongly relies on an environmentally literate and aware society.

Today's school students will be the political decision-makers of the future. What is more, current international climate movements once again emphasize that young people's potential influence and leverage in state and society should not be underestimated. Thus, formal science education must deal with socio-scientific issues to support students in becoming responsible citizens who can actively take part in societal decision-making processes concerning scientific-related matters [15]. Following the definition by [16] (p. 1), we consider biodiversity a socio-scientific issue, as it "has a basis in science and has a potentially large impact on society". We recognize biodiversity education therefore as a highly important section of formal education for sustainable development (ESD), with the specific aim of fostering learners' sense of responsibility to protect biodiversity and promote suitable problem-solving skills.

The importance of biodiversity education has also been recognized by the CBD. Education is anchored in Article 13, as well as in the Aichi Biodiversity Target 1, that says, "[b]y 2020, at the latest, people are aware of the values of biodiversity and the steps they can take to conserve and use it sustainably" [5] (p. 1). The strategy for its implementation is covered by the CBD's Communication,

Education and Public Awareness (CEPA) program, which is aimed at, among other things, incorporating the topic of biodiversity into the education of all member states.

One important prerequisite for the development of successful ESD approaches and lessons is the involvement of student conceptions and ideas on the content to be taught. Students do not attend science classes as blank slates. Instead, they come to lessons having in mind certain conceptions of the respective scientific topic, mainly originating from personal experiences [17]. These ‘pre-instructional conceptions’ [18] are not always consistent with correct science views and concepts. Literature provides many different terms for such student conceptions, which are not or only partly scientifically accurate. Frequently used expressions are ‘misconceptions’ [19], ‘alternative conceptions’ [20] or ‘naïve conceptions’ [21]. Within our paper, we will use the neutral term ‘alternative conceptions’ in order to avoid judgment of student ideas.

Monitoring learners’ conceptions has a long history, starting in the 1970s, building on constructivism theories, particularly on Piaget’s theory of cognitive development [22,23]. The assumption that the construction of new knowledge relies upon the modification and re-arrangement of pre-existing cognitive schemes forms the basis of the constructivist view of learning [24]. Consequently, students’ alternative conceptions represent productive prior understandings, which are used by students ‘as resources for building more sophisticated scientific understandings’ [22] (p. 353). Playing a key role in learning processes, identifying common alternative conceptions is therefore of considerable interest for both science researchers and science educators. Concerning the topic of biodiversity and its preservation, we suggest that knowledge of student conceptions of biodiversity determines fruitful biodiversity education and consequently affects the success to foster responsible citizenship. Among others, Lindemann-Matthies and Bose [25] described knowledge as an important determinant for developing appreciative attitudes towards biodiversity. Therefore, our study focused both on students’ familiarity with the term biodiversity as well as on their awareness of biodiversity. Do they appreciate the benefits of biodiversity and consider biodiversity protection as important? There are several studies concerning the awareness of biodiversity among the general public, e.g., [26–29]. Despite their significance for formal science learning, there is a rather limited scope of studies concerned with adolescent conceptions of biodiversity, e.g., [25,30,31]. Our present large-scale study, therefore, followed three research questions:

1. Which conceptions of biodiversity can be identified among German adolescents?
2. Which benefits of biodiversity do they recognize?
3. Which conceptions of biodiversity protection can be identified?

2. Materials and Methods

Our convenience sample consisted of 275 10th graders from different secondary schools in Bavaria, Germany. All schools are located in more rural areas rather than in large cities. Data was collected in a pre-study prior to students' participation in an environmental learning module. Teachers enrolled their classes for participation in the module and the accompanying study and parents had to sign an informed consent. The students' mean age was 15.27 (SD = 0.66). Gender distribution was roughly even (46.49% were female). Students completed a paper-pencil survey with three open-ended questions (Table 1) during regular school lessons. Predefined lines suggested the expected scope of the answers.

Table 1. Survey questions.

Question	Wording
question 1	What do you understand by the term biodiversity (=biological diversity)?
question 2	What are the benefits of biodiversity? Give reasons for your answer.
question 3	Should biodiversity be protected? Give reasons for your answer.

Student answers were analyzed following the qualitative content analysis by Mayring [32]. We inductively built different categories based on the most frequent student answers. It has to be noticed that multiple category assignments were possible, i.e., a student answer could consist of more than one conception. Therefore, the numbers and percentages presented in our paper represent conceptions not the number of answers or students. To demarcate the categories as precisely as possible, our coding guidelines included a clear definition of every category and an anchor example for each category, which we regarded as representing the category best. Table 2 displays an excerpt of our coding guidelines.

Table 2. Excerpt of the coding guidelines using the example of categories for question 1.

Category	Definition	Anchor Example
species diversity	the biological species concept is explicitly expressed	"Many different species of plants and animals."
variety of creatures	the variety of living creatures is expressed without mentioning the biological species concept	"The variety of living organisms on earth."
disparity of creatures	the statement focuses on the differences between living beings	"I think that all kinds of plants and animals are different."
genetic diversity	the diversity within species is explicitly expressed	"The genetic diversity within a species."
ecosystem diversity	the diversity of ecosystems is explicitly expressed	"Different ecosystems."
scientifically correct concept	all three dimensions of biodiversity are expressed	"Biodiversity is the diversity of genetic information, species and ecosystems."

To validate our categories, we confirmed an intra- and inter-rater reliability test and determined the Cohen's kappa values of agreement between the raters (Table 3) [33]. For this purpose, we randomly selected 15% of all student answers for each question. After three months, the first author categorized this dataset for a second time (intra-rater) and a nonpartisan person did the inter-rating. The resulting Cohen's kappa scores in the range of 81–1.00 indicate an 'almost perfect' agreement between the raters [34].

Table 3. Cohen's kappa scores for inter- and intra-rater reliability.

Question	Cohen's Kappa Score	
	Intra-Rater Reliability	Inter-Rater Reliability
question 1 – categorization a	0.97	0.89
question 1 – categorization b	0.95	1
question 2	0.95	0.87
question 2 – justification	0.95	0.98
question 3 – justification	0.98	0.98

In the following, we outline the results of the categorization of the student answers. Responses falling into the category 'expression of ignorance' as well as 'inadequate answer' are counted as 'no answer'. Single conceptions did not form a category and were summarized in 'other'. For better clarity, the categories 'no answer' and 'other' are not displayed in the Figures. Unless otherwise stated, frequencies represented are related to the total number of conceptions for each question or subquestion ($n_{\text{conceptions}} = 100\%$).

3. Results

3.1. Question 1: What Do You Understand by the Term Biodiversity?

Question 1, 'What do you understand by the term 'biodiversity' (=biological diversity)?' generated 306 conceptions fitting into four categories 'one dimension' (46%), 'two dimensions' (2%), 'three dimensions' (1%), 'no dimension' (27%) (see Figure 1). We further subcategorized the conceptions relating to 'one dimension' ($n_{\text{sub}} = 125$) into the three dimensions of biodiversity 'species diversity' (97%), 'genetic diversity' (2%) and 'ecosystem diversity' (1%). Table 4 provides examples of student answers and illustrates the assignment of individual conceptions to the categories.

Table 4. Categorization of students' conceptions on the term biodiversity.

Category	Dimension of Biodiversity			Student Example Quote
	Species Diversity	Genetic Diversity	Ecosystem Diversity	
one dimension	+			ID 12: 'It is the diversity of species, for example, animal or plant species.'
two dimension	+		+	ID 83: 'The different animal and plant species [...]. But also the different habitats.'
all dimensions	+	+	+	ID 35: 'Biodiversity is the diversity of genetic information, species and ecosystems.'
none of the dimensions				ID 118: 'That there are many biological molecules.'

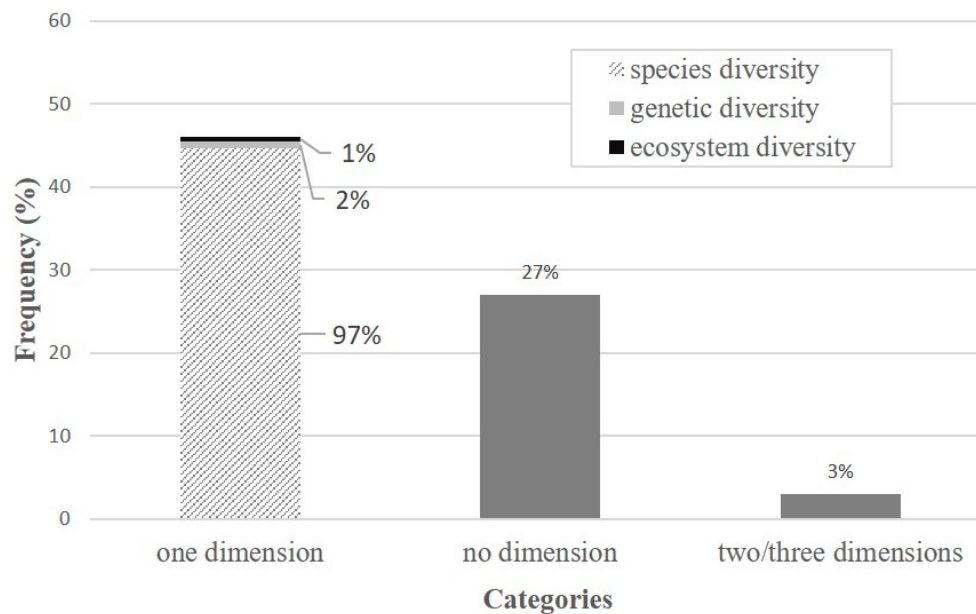


Figure 1. Frequencies of student conceptions referring to the concept of biodiversity (question 1; categorization a). Frequencies on the y-axis are related to the sum of all student conceptions ($n_{\text{conceptions}} = 306$). Frequencies displayed for the category 'one dimension' are related to the number of conceptions concerning one dimension of biodiversity ($n_{\text{sub}} = 125$). For reasons of simplicity, the categories 'two dimensions' and 'three dimensions' are summarized.

For a further illustration of the student conceptions concerning the concept of biodiversity ($n_{\text{conceptions}} = 306$), we categorized them again into the six inductive categories 'species diversity' (41%), 'variety of creatures' (19%), 'disparity of creatures' (8%), 'genetic diversity' (2%), 'ecosystem diversity' (2%) and 'scientifically correct conception' (1%) (Figure 2).

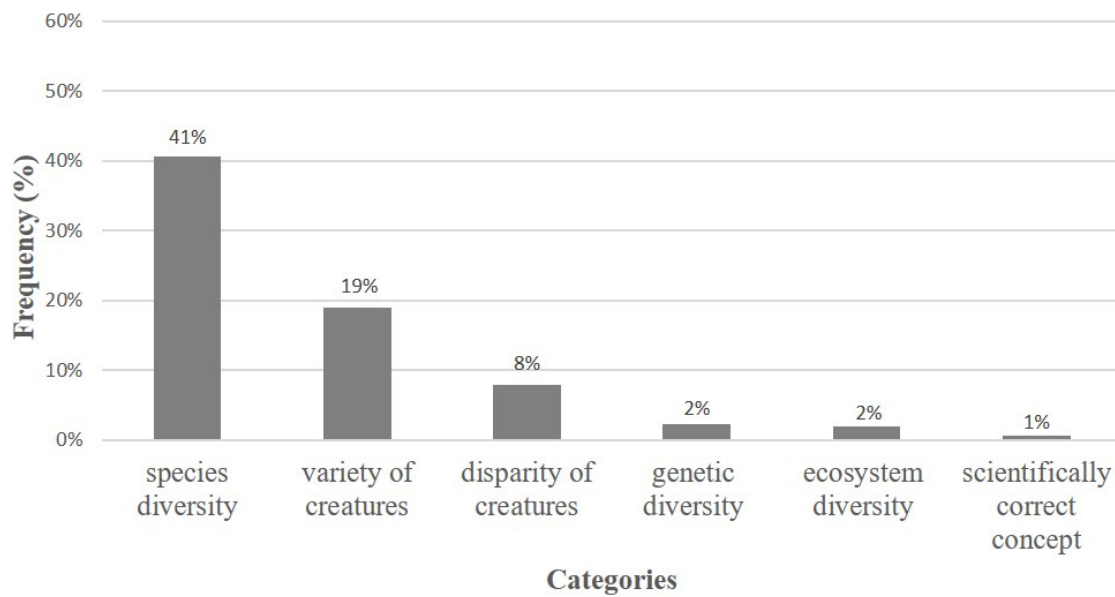


Figure 2. Frequencies of student conceptions included in answers to question 1; categorization b. $n_{\text{conceptions}} = 306$.

In our coding guidelines, we determined that only conceptions actually containing the biological species concept are categorized as ‘species diversity’, otherwise conceptions were coded as ‘variety of creatures’. For example, the student example quote (student ID 220), ‘That there are many animal and plant species’ contained one statement, which was categorized as ‘species diversity’, whereas the student answer (student ID 215), ‘This is the variety of biological creatures. This includes animals, plants, organisms etc.’ fell into the category ‘variety of creatures’ because the included statement did not contain the biological species concept but did refer to the great variety of living organisms. In contrast, statements of the category ‘disparity of creatures’ explicitly referred to different characteristics or appearances of living beings. For example, the answer (student ID 250), ‘This is the diversity of species, which all have different characteristics’ fell into the category ‘species diversity’ and ‘disparity of creatures’.

3.2. Question 2: What Are the Benefits of Biodiversity?

The first part of question 2 ‘What are the benefits of biodiversity?’ generated 185 answers and 240 conceptions ($n_{\text{answers}} = 185$; $n_{\text{conceptions}} = 240$) (Figure 3). Most conceptions fell into the category ‘humans’ (52%), followed by ‘animals and plants’ (34%) and ‘every living thing’ (21%). Answers related to the category ‘every living thing’ contained conceptions about living creatures with no further specification. For example, the student answer (student ID 72), ‘[f]or all living things, because biodiversity is important for the food chain for example’ fell into this category because the student did not specify what is referred to as ‘living things’. This statement could include humans as well as

animals, plants, etc, and we therefore coded it as ‘every living thing’. Least conceptions (17%) were associated with the category ‘inanimate nature’.

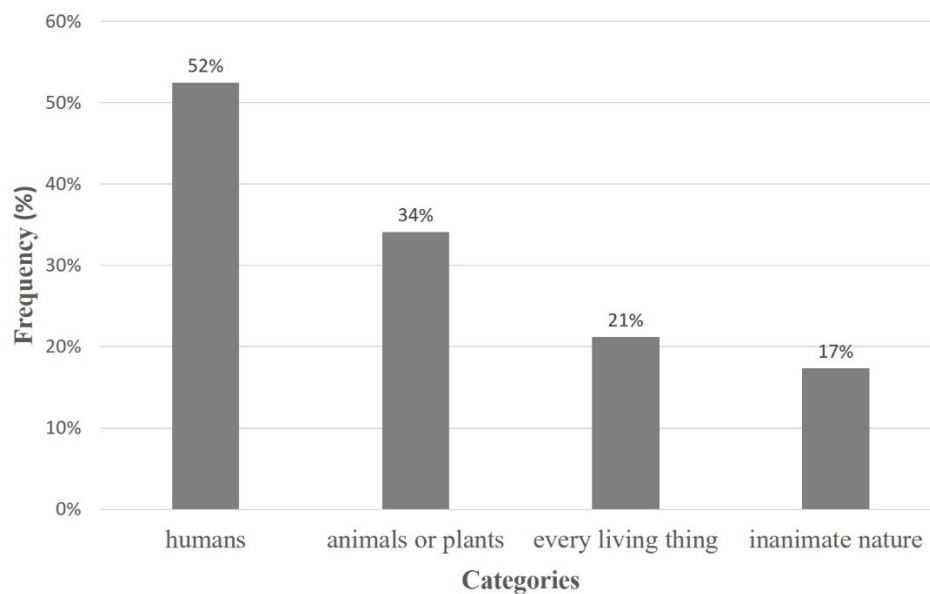


Figure 3. Frequencies of student conceptions to question 2. $n_{\text{conceptions}} = 240$.

We categorized the reasons for question 2 separately (Figure 4). Of a total of 185 answers, 67% were justified ($n_{\text{justification}} = 124$) and generated 154 conceptions ($n_{\text{conceptions}} = 154$). Most of the justifying conceptions were associated with the category ‘ecosystem services’ (43%). These were further sub-categorized as ‘research and medicine’ (36%), ‘food products’ (32%), ‘photosynthesis and air purification’ (11%), ‘natural resources’ (11%) and ‘other’ (11%). For example, one student answer (student ID 22) was, ‘[biodiversity] is advantageous for every viable organism: if there was no biodiversity but only humans (not possible) → What would [humankind] live on? Where would the oxygen come from? [...] On what would [humankind] write on (paper)?’. This answer contained three conceptions, which fell into the categories ‘food products’, ‘photosynthesis and air purification’ and ‘natural resources’.

The remaining conceptions were not related to humans and generated the categories ‘trophic relations’ (18%), ‘ecological interrelations’ (16%), ‘adaptability of species’ (13%), ‘species survival’ (6%) and ‘other’ (4%). For example, the student statement (student ID 23), ‘[f]or bees, because they need the variety of plants’ was coded as ‘ecological interrelations’.

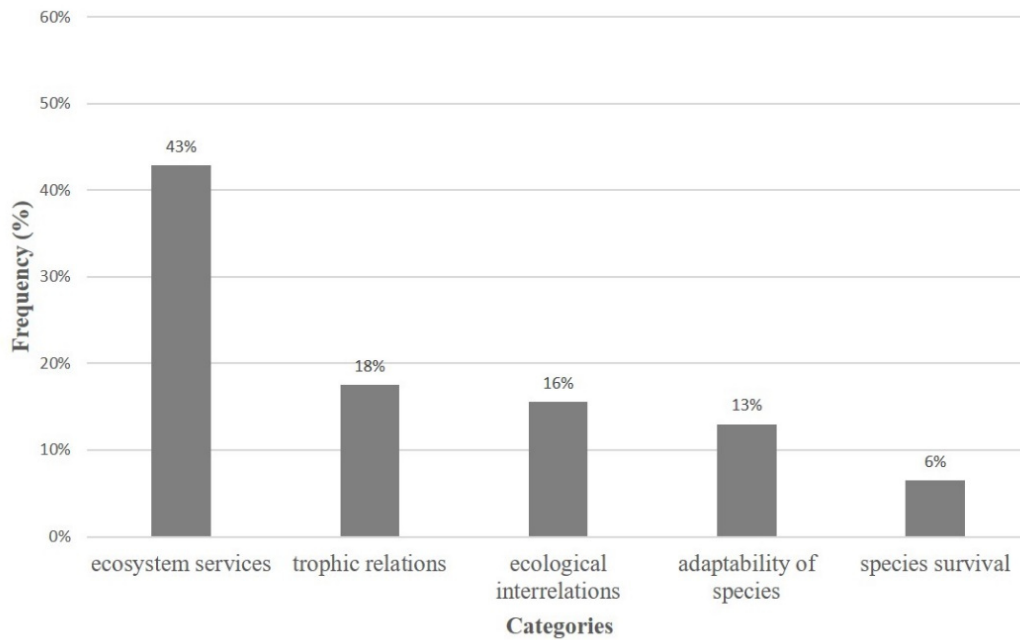


Figure 4. Frequencies of student conceptions on the benefits of biodiversity (question 2). $n_{\text{conceptions}} = 154$.

3.3. Question 3: Should Biodiversity Be Protected?

Question 3 was answered by 77% of the students ($n_{\text{answers}} = 210$). Of these students, 98% said 'yes' but only 60% of them ($n_{\text{justification}} = 145$) gave reasons to justify their answer. We separated the justifying conceptions ($n_{\text{conceptions}} = 159$) into two categories 'environmental utilization' (30%) representing notions concerned with the value of biodiversity for humans and 'environmental preservation' (70%), representing notions concerned with the value of biodiversity for animate and inanimate nature (Figure 5).

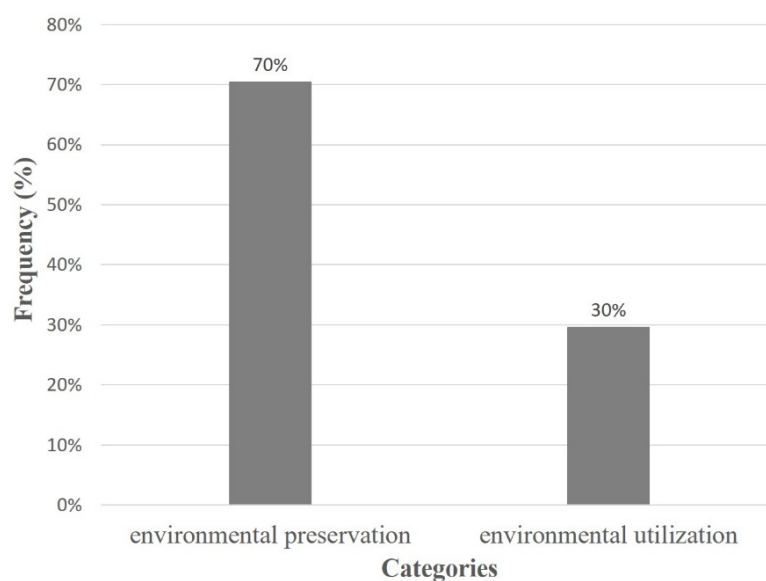


Figure 5. Frequencies of student conceptions justifying the protection of biodiversity. $n_{\text{conceptions}} = 192$.

We further subcategorized the conceptions concerning ‘environmental utilization’ into the subcategories ‘ecosystem services’ (91%) and ‘research’ (9%). The category ‘environmental preservation’ is composed of the six subcategories ‘preventing species extinction’ (52%), ‘species interactions’ (28%), ‘adaptability of species’ (8%), ‘respect for nature’ (7%) and ‘development and evolution’ (5%). For example, the student statement (student ID 31), ‘[...] no species should die out, for example just because we clear rainforests’, is classified as ‘preventing species extinction’. An important result is that only 7 out of 162 student answers justified biodiversity by expressing equally notions of environmental preservation and utilization. The rest of the student answers contained conceptions solely ascribed to one of the main categories.

4. Discussion

Existing research on conceptions of biodiversity primarily focuses on biodiversity awareness of the public, university students or teachers with adults as the main target group [26,28,35,36]. Despite their significance for biodiversity education, only a small body of research is concerned with adolescent’s conceptions of biodiversity. The present large-scale study, therefore, monitored conceptions of German secondary school students concerning biodiversity, its benefits, and protection.

4.1. *Biodiversity is Equated with Species Diversity*

Our first objective was to capture student ideas on the term ‘biodiversity’. Since our written questionnaire design did not allow individual follow-up questions, our question contained both the German term for ‘biodiversity’ (‘Biodiversität’) and its synonym ‘biological diversity’ (‘biologische Vielfalt’), to prevent mere word comprehension problems. Our findings coincide with our expectations and the existing literature, e.g., [26,30,31]. Most students equated biodiversity with species diversity, neglecting the dimensions of ecosystem diversity and genetic diversity. Three students at least referred to genetic diversity indirectly. For example, one student (ID 16) wrote, ‘There are many different organisms within one species. None is just like the other. Each [individual] differs in at least one feature from the others of its species.’ Here, the student relates to the variety within species, i.e., genetic diversity, but does not explicitly express it.

Nevertheless, two dimensions of biodiversity, crucial for the understanding of the overall concept, are not present in the vast majority of student conceptions. What might be the reasons for this fragmented understanding? We suggest that possible sources are media and teachers. Previous research on student conceptions has shown that media is an important source of information for students and may increase the risk of the formation of alternative conceptions [37,38]. Lindemann-Matthies and Bose [25] examined public familiarity with the term biodiversity and found that most participants came across the term ‘biodiversity’ via media. Especially in Germany, the term ‘Artenvielfalt’, which literally means ‘species diversity’, is still more commonly used outside the scientific

community than the term 'Biodiversität', which better characterizes the concept 'biodiversity'. For example, the term 'Artenvielfalt' was used in the German versions of the Eurobarometer surveys of the European Commission until 2015 [28].

In addition, there are several studies arguing that teachers hold alternative conceptions themselves [39], which they quite likely pass on to their students. Our suggestion is consistent with Fiebelkorn and Menzel [40], who examined preservice biology teachers' conceptions of biodiversity. Qualitative interviews revealed that the participants reduced biodiversity to species diversity and held alternative conceptions of genetic diversity.

4.2. Recognition of the Benefits of Biodiversity

Students named animate and inanimate nature as wells as humans as beneficiaries of biodiversity with a slight majority on expressions about the environment. Almost all answers on humans as beneficiaries contained ecosystem services, for example, provisioning of timber, medicine or food products. It should be noticed here that no student actually used the term 'ecosystem service'. We therefore suggest that the students are not familiar with the concept as such, but they are still aware of several goods and services provided by ecosystems.

The subcategories of 'ecosystem services' were mainly provisioning and regulating services. Remarkably few student conceptions included supporting and cultural services. For example, one student addressed the aesthetic value of biodiversity by writing, 'If everything was equal, the 'aspects of beauty' of the environment would be missing and it would be boring'. Here the student directly refers to the aesthetic value of the natural environment and concludes that diversity is more valuable than equality or monotony. We think that the majority of students are either not aware of supporting or cultural ecosystem services or they prioritize provisioning and regulating services over the other two. The latter suggestion is partly in line with Torkar [41], who measured students' attitudes towards forest ecosystem services. Here, the students had to assign different priorities to given ecosystem services. The students gave the lowest priority to cultural services, but in sharp contrast to our findings, the students ascribed the highest priority to supporting services. As our approach is different in that we used open-ended questions and did not measure attitudes as such, we suggest that the majority of our students do not recognize cultural and supporting services. Therefore, they seem to have a fragmented conception of the benefits of biodiversity for human welfare. Taking into consideration the more rural location and catchment areas of the sample schools, we would have expected students to express a greater appreciation for recreational values of natural environments. The schools involved are located in Bavaria, Germany within areas geographically characterized by contiguous forest and grassland ecosystems. We therefore presumed these ecosystems to be a relevant part of the participants' everyday life. Nevertheless, it was not within the scope

of this study to compare rural and urban students. One possible reason for students not recognizing cultural services is that they simply have too little experience in nature because they prefer other types of leisure activities and can therefore not appreciate the aesthetic and recreational value of natural areas.

4.3. Willingness to Protect Biodiversity

The vast majority of students expressed willingness to protect biodiversity but only 60% gave reasons for their answer. The remaining 40% of students seem to have a positive attitude towards preservation but are not able to explain their opinion. Support for biodiversity protection was mostly justified by students expressing notions of environmental preservation. Notions of environmental utilization were less frequent. Only seven students recognized both the value of biodiversity for humans and its environmental value. For example, one student wrote (ID 42), 'Yes, because thereby we can protect species and the food and user chain remains.' All the other student answers indicated either ecocentric or anthropocentric values. Both views are united by the common goal to protect biodiversity but differ in their justification. The main reason why students want biodiversity to be protected for human welfare was the provision of ecosystem services. A frequent notion was that of ecosystems as producers, for example of oxygen or raw material, like wood. Those students who argued for biodiversity protection for environmental reasons, most frequently referred to the prevention of further species extinction. Again, media may drive formation of these conceptions, as it frequently covers endangerment of species.

4.4. Educational Implications

There are numerous studies concerned with challenges, guidelines, and approaches for biodiversity education [42–45]. Our findings contribute to the further development of biodiversity education strategies for formal and informal learning. Building an important element of ESD, the overarching goal of biodiversity education lies in enabling students to make informed decisions and be capable of acting in a pro-environmental manner. Pro-environmental behavior has been shown to be influenced and caused by various interdependent variables [46,47]. These include content knowledge, knowledge on related abilities and skills, motivational abilities such as attitudes, values and interest, feelings of self-efficacy but also socio-economic circumstances. For the present study, we decided to focus on content knowledge as a variable, which has already been shown to have an influence on adolescents' environmental behavior [48]. We understand conceptions of biodiversity as building an important prerequisite for understanding environmental interrelationships and for the development of positive attitudes towards the environment.

We suggest that every biodiversity education approach, first and foremost, needs to incorporate a scientific definition of biodiversity that includes all three levels of biodiversity. Defining biodiversity as species diversity is not completely wrong, but it is only half the story, and the whole concept is much more complex. Since species diversity seems to be widely known, more emphasis has to be placed on ecosystem and genetic diversity. Thereby, the complex topic offers the opportunity to connect several curricular contents concerning ecology, evolution and genetics. Students cannot easily understand the multidimensional concept of biodiversity. They need certain pre-knowledge in ecology and genetics. For example, they need to know the biological species concept, the definition of an ecosystem and interrelations within ecosystems, and they need basic knowledge in population genetics, e.g., genetic variation. In our specific case, genetics is a compulsory topic of the curriculum for the 9th grade of Bavarian secondary schools [49]. When teaching about biodiversity, educators should stimulate this existing knowledge to facilitate learning processes and cognitive structuring for learners.

Apart from the scientific definition of the concept, biodiversity education must include socio-scientific aspects. We agree with Torkar [41] that the topic of ecosystem services can serve to foster students' understanding as well as an appreciation of ecological structures, dependencies, and functions. Additionally, the socio-cultural context of ecosystem services encourages comprehension of the linkage between ecology and economy. We think that it is crucial for sustainable development that future generations understand and esteem nature's services, which contribute to human welfare. Our findings imply that it is important for educators to address all types of ecosystem services since supporting and cultural services were not present in the vast majority of the participants' conceptions. For an example of how to incorporate scientific as well as socio-scientific aspects of biodiversity within an educational module, please refer to Schneiderhan and Bogner [50]. We developed a module that used the forest ecosystem as an example to raise awareness of biodiversity protection and engaged students in a citizen science project to foster self-efficacy skills.

Biodiversity education approaches should also include outdoor experiences to foster students' appreciation of the cultural values of biodiversity. Research indicates that outdoor education potentially supports knowledge acquisition as well as environmental perceptions and estimations of nature [51–53].

Prior to planning a lesson, it is advisable for educators to deal with possible alternative conceptions of the learners. Literature provides valuable information concerning many different topics. Occasionally, however, it is worthwhile for teachers to capture conceptions of the respective students. Additionally, educators should make themselves aware of their own conceptions and potential

alternative conceptions by doing detailed research and using recent literature when preparing a teaching subject.

Furthermore, our findings imply that biodiversity education needs to foster ecocentric attitudes. In our case, the majority of students already had ecocentric conceptions of the benefits of biodiversity, but 30% of the students argued for biodiversity protection from an anthropocentric point of view. Even if both anthropocentrism and ecocentrism suggest positive attitudes towards biodiversity protection, studies from Thompson and Barton [8] and Nordlund and Garvill [54] imply that ecocentric attitudes are more likely to be translated into eco-friendly behavior than anthropocentric values. Both studies found positive correlations between ecocentrism and pro-environmental behavior and negative or non-significant correlations between anthropocentrism and pro-environmental behavior. Additionally, Kibbe, Bogner and Kaiser [55] claim that, ‘the more people appreciate nature for personal benefits, the more they preserve the environment’. We therefore conclude that it is important that students know and appreciate benefits of biodiversity for human welfare, but educational approaches should also stress biodiversity’s environmental value and importance, to stimulate the willingness to protect biodiversity for environmental reasons and to contribute positively to the development of pro-environmental behaviors.

4.5. Outlook

The method of using three-open ended questions represents a limitation of our study. We intentionally chose this approach to avoid any constraints or bias imposed by closed or multiple-choice questions as well as by interviews. If we had asked students about the value and protection of biodiversity in an interview, they would probably have been more inclined to answer according to what they regard as socially acceptable. This methodological challenge, known as social desirability bias (SDB) or socially desirable responding (SDR), has already been studied in environmental contexts [56,57]. Nevertheless, interviews would have allowed a deeper insight into the participants’ conceptions by enabling posing of subsequent questions.

Additionally, recruiting school classes through convenience sampling does not allow generalized conclusions for an entire population [58]. Future research focusing on adolescents from various school types and social backgrounds would provide a deeper understanding and increased representativeness of our findings on adolescent conceptions of biodiversity.

Additionally, our study leaves open the question of whether student conceptions of the value and protection of biodiversity are consistent with their individual environmental value system. Is, for example, a student’s human-centered concept of the benefits of biodiversity reflected in an overall anthropocentric view? A follow-up study needs to investigate that question by quantitatively

monitoring the relevant values, applying the 2-MEV-model. This model conceptualizes the anthropocentric and ecocentric views of young individuals, and it has been repeatedly and independently confirmed by different angles of research [59–61]. Such a quantitative measure may cross-test the semi-quantitatively extracted conceptual preferences. Consequently, a follow-up study will deal with this issue.

Author Contributions: conceptualization, J.S.; data curation, J.S.; formal analysis, J.S.; funding acquisition, F.X.B.; investigation, J.S.; methodology, J.S. and F.X.B.; project administration, F.X.B.; resources, F.X.B.; software, F.X.B.; supervision, F.X.B.; visualization, J.S.; writing—original draft, J.S.; writing—review and editing, F.X.B.

Funding: This research was funded by the ‘Qualitätsoffensive Lehrerbildung’ program of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under grant agreement no. 01JA160. The APC was funded by the German Research Foundation (DFG) and the University of Bayreuth in the funding program Open Access Publishing under grant agreement no. LA 2159/8-6. The funders had no role in the design of the study, in the collection, analyses, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results. This article reflects only the authors’ views. The BMBF and the DFG are not liable for any use that might be made of the information contained herein.

Acknowledgments: The authors would like to thank all participating students and their teachers for their time and effort.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Duraiappah, A.K.; Naeem, S.; Agardy, T.; Ash, N.J.; Cooper, H.D.; Diaz, S.; Faith, D.P.; Mace, G.; McNeely, J.A.; Mooney, H.A.; et al. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*; World Resources Institute: Washington, DC, USA, 2005.
2. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). The Convention on Biological Diversity from Conception to Implementation. CBD News Special Edition. 2004. Available online: <https://www.cbd.int/doc/publications/CBD-10th-anniversary.pdf> (accessed on 10 June 2019).
3. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). List of Parties. Available online: <https://www.cbd.int/information/parties.shtml> (accessed on 10 June 2019).
4. Butchart, S.H.M.; Walpole, M.; Collen, B.; van Strien, A.; Scharlemann, J.P.W. Global biodiversity: Indicators of recent declines. *Science* **2010**, *328*, 1164–1169, doi:10.1126/science.1187512.
5. Secretariat of the Convention on Biological Diversity (CBD). *Global Biodiversity Outlook 4*; CBD: Montréal, CA, USA, 2014; ISBN 9292255401.
6. Johnson, C.N.; Balmford, A.; Brook, B.W.; Buettel, J.C.; Galetti, M.; Guangchun, L.; Wilmshurst, J.M. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science* **2017**, *356*, 270–275, doi:10.1126/science.aam9317.
7. Hallmann, C.A.; Sorg, M.; Jongejans, E.; Siepel, H.; Hofland, N.; Sumser, H.; Ho, T.; Schwan, H.; Stenmans, W.; Mu, A.; et al. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. *PLoS ONE* **2017**, *12*, e0185809, doi:10.1371/journal.pone.0185809.

8. Thompson, S.C.G.; Barton, M.A. Ecocentric and anthropocentric attitudes toward the environment. *J. Environ. Psychol.* **1994**, *14*, 149–157, doi:10.1016/S0272-4944(05)80168-9.
9. Washington, H.; Taylor, B.; Kopnina, H.; Cryer, P.; Piccolo, J.J. Why ecocentrism is the key pathway to sustainability. *Ecol. Citiz.* **2017**, *1*, 35–41.
10. Casas, A.B.; Burgess, R.A. The practical importance of philosophical inquiry for environmental professionals: A look at the intrinsic/instrumental value debate. *Environ. Pract. J. Natl. Assoc. Environ. Prof.* **2012**, *14*, 184–189, doi:10.1017/S146604661200018X.
11. Tilman, D.; Isbell, F.; Cowles, J.M. Biodiversity and ecosystem functioning. *Annu. Rev. Ecol. Evol. Syst.* **2014**, *45*, 471–493, doi:10.1146/annurev-ecolsys-120213-091917.
12. Mace, G.M.; Norris, K.; Fitter, A.H. Biodiversity and ecosystem services: A multilayered relationship. *Trends Ecol. Evol.* **2012**, *27*, 19–26, doi:10.1016/j.tree.2011.08.006.
13. Alcamo, J. Ecosystems and their services. In *Ecosystems and Human Well-being: A Framework for Assessment*; Island Press: Washington, DC, USA, 2003; ISBN 1559634022.
14. Wood, A.; Stedman-Edwards, P.; Mang, J. *The Root Causes of Biodiversity Loss*; Routledge: London, UK, 2000; ISBN 9781138160194.
15. Grace, M. Teaching citizenship through science: socio-scientific issues as an important component of citizenship. *Prospero* **2006**, *12*, 42–53.
16. Ratcliffe, M.; Grace, M. *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*; Open University Press: Maidenhead, UK, 2003; ISBN 0335210856.
17. Duit, R.; Treagust, D.F. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. *Int. J. Sci. Educ.* **2003**, *25*, 671–688, doi:10.1080/09500690305016.
18. Treagust, D.F.; Duit, R. Conceptual change: a discussion of theoretical, methodological and practical challenges for science education. *Cult. Stud. Sci. Educ.* **2008**, *3*, 297–328, doi:10.1007/s11422-008-9090-4.
19. Helm, H. Misconceptions in physics amongst South African students. *Phys. Educ.* **1980**, *15*, 92–105.
20. Abraham, J.K.; Perez, K.E.; Downey, N.; Herron, J.C.; Meir, E. Short lesson plan associated with increased acceptance of evolutionary theory and potential change in three alternate conceptions of macroevolution in undergraduate students. *CBE Life Sci. Educ.* **2012**, *11*, 152–164, doi:10.1187/cbe.11-08-0079.
21. Bishop, B.A.; Anderson, C.W. Student conceptions of natural selection and its role in evolution. *J. Res. Sci. Teach.* **1990**, *27*, 415–427, doi:10.1002/tea.3660270503.
22. Maskiewicz, A.C.; Lineback, J.E. Misconceptions are “So Yesterday!” *CBE Life Sci. Educ.* **2013**, *12*, 352–356, doi:10.1187/cbe.13-01-0014.
23. Piaget, J. *La Construction du Réel Chez L'enfant*; Delachaux et Niestlé: Neuchâtel, Switzerland, 1937; ISBN 2603007416.
24. Smith, J.P., III; DiSessa, A.A.; Roschelle, J. Misconceptions reconceived: A constructivist analysis of knowledge in transition. *J. Learn. Sci.* **1994**, *3*, 115–163, doi:10.1207/s15327809jls0302_1.
25. Lindemann-Matthies, P.; Bose, E. How many species are there? Public understanding and awareness of biodiversity in Switzerland. *Hum. Ecol.* **2008**, *36*, 731–742, doi:10.1007/s10745-008-9194-1.
26. Buijs, A.E.; Fischer, A.; Rink, D.; Young, J.C. Looking beyond superficial knowledge gaps: Understanding public representations of biodiversity. *Int. J. Biodivers. Sci. Manag.* **2008**, *4*, 65–80, doi:10.3843/Biodiv.4.2.
27. Hunter, L.M.; Brehm, J. Qualitative insight into public knowledge of, and concern with, biodiversity. *Hum. Ecol.* **2003**, *31*, 309–320, doi:10.1023/A:1023988914865.
28. European Commission. *Special Eurobarometer 436 – Attitudes of Europeans towards Biodiversity*; European Commission: Bruxelles, Belgium, 2015, doi:10.2779/832333.
29. Fischer, A.; van der Wal, R. Invasive plant suppresses charismatic seabird – The construction of attitudes towards biodiversity management options. *Biol. Conserv.* **2007**, *135*, 256–267, doi:10.1016/j.biocon.2006.10.026.
30. Menzel, S.; Bögeholz, S. The loss of biodiversity as a challenge for sustainable development:

- How do pupils in chile and germany perceive resource dilemmas? *Res. Sci. Educ.* **2008**, 39, 429–447, doi:10.1007/s11165-008-9087-8.
31. Kilinc, A.; Yeşiltaş, N.K.; Kartal, T.; Demiral, Ü.; Eroğlu, B. School students' conceptions about biodiversity loss: Definitions, reasons, results and solutions. *Res. Sci. Educ.* **2013**, 43, 2277–2307, doi:10.1007/s11165-013-9355-0.
 32. Mayring, P. Qualitative Content Analysis. *FQS* 2000, 1, Art. 20. Available online: <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1089/2385> (accessed on 10 March 2019).
 33. Cohen, J. A coefficient of agreement of nominal scales. *Educ. Psychol. Meas.* **1960**, 20, 37–46, doi:10.1177/001316446002000104.
 34. Landis, J.R.; Koch, G.G. The measurement of observer agreement for categorical data. *Biometrics* **1977**, 33, 159–174, doi:10.2307/2529310.
 35. Arbuthnott, K.D.; Devoe, D. Understanding of biodiversity among western Canadian university students. *Hum. Ecol.* **2014**, 42, 147–158, doi:10.1007/s10745-013-9611-y.
 36. Fischer, A.; Young, J.C. Understanding mental constructs of biodiversity: Implications for biodiversity management and conservation. *Biol. Conserv.* **2007**, 136, 271–282, doi:10.1016/j.biocon.2006.11.024.
 37. Schmid, S.; Bogner, F.X. Is there more than the sewage plant? University freshmen's conceptions of the urban water cycle. *PLoS ONE* **2018**, 13, e0200928, doi:10.1371/journal.pone.0200928.
 38. Shaw, K.R.M.; van Horne, K.; Zhang, H.; Boughman, J. Essay contest reveals misconceptions of high school students in genetics content. *Genetics* **2008**, 178, 1157–1168, doi:10.1534/genetics.107.084194.
 39. Dekker, S.; Lee, N.C.; Howard-Jones, P.; Jolles, J. Neuromyths in education: Prevalence and predictors of misconceptions among teachers. *Front. Psychol.* **2012**, 3, 429, doi:10.3389/fpsyg.2012.00429.
 40. Fiebelkorn, F.; Menzel, S. Student teachers' understanding of the terminology, distribution, and loss of biodiversity: Perspectives from a biodiversity hotspot and an industrialized country. *Res. Sci. Educ.* **2013**, 43, 1593–1615, doi:10.1007/s11165-012-9323-0.
 41. Torkar, G. Secondary school students' environmental concerns and attitudes toward forest ecosystem services: Implications for biodiversity education. *Int. J. Environ. Sci. Educ.* **2016**, 11, 11019–11031.
 42. Gayford, C. Biodiversity education: A teacher's perspective. *Environ. Educ. Res.* **2000**, 6, 347–361, doi:10.1080/713664696.
 43. Van Weelie, D.; Wals, A. Making biodiversity meaningful through environmental education. *Int. J. Sci. Educ.* **2010**, 24, 1143–1156, doi:10.1080/09500690210134839.
 44. McCoy, M.W.; McCoy, K.A.; Levey, D.J. Teaching biodiversity to students in inner city & under-resourced schools. *Am. Biol. Teach.* **2007**, 69, 473–476, doi:10.1662/0002-7685.
 45. Navarro-Perez, M.; Tidball, K.G. Challenges of biodiversity education: A review of education strategies for biodiversity education. *Int. Electron. J. Environ. Educ.* **2012**, 2, 13–30.
 46. Stern, P.C. New environmental theories: Toward a coherent theory of environmentally significant behavior. *J. Soc. Issues* **2000**, 56, 407–424, doi:10.1111/0022-4537.00175.
 47. Chawla, L. Growing up green: Becoming an agent of care for the natural world. *J. Dev. Process.* **2009**, 4, 6–23.
 48. Roczen, N.; Kaiser, F.G.; Bogner, F.X.; Wilson, M. A competence model for environmental education. *Environ. Behav.* **2014**, 46, 972–992, doi:10.1177/0013916513492416.
 49. Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB). *Lehrplan für das Gymnasium G8 [Curriculum for Gymnasium G8]*; ISB: Munich, Germany, 2007.
 50. Schneiderhan, J.; Bogner, F.X. FutureForest—Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom. *Am. Biol. Teach.* [accepted: 19 February 2019]
 51. Bogner, F.X.; Wiseman, M. Outdoor ecology education and pupils' environmental perception in preservation and utilization. *Sci. Educ. Int.* **2004**, 15, 27–48.
 52. Benkowitz, D.; Köhler, K. Perception of biodiversity — The impact of school gardening. In *Urban*

- Biodiversity and Design*; Müller, N., Werner, P., Kelcey, J.G., Eds.; Wiley-Blackwell: Chichester, UK, 2010; pp. 425–440. ISBN 9781444318654.
53. Lindemann-Matthies, P.; Junge, X.; Matthies, D. The influence of plant diversity on people's perception and aesthetic appreciation of grassland vegetation. *Biol. Conserv.* **2010**, *143*, 195–202, doi:10.1016/j.biocon.2009.10.003.
 54. Nordlund, A.M.; Garvill, J. Value structures behind proenvironmental behavior. *Environ. Behav.* **2002**, *34*, 740–756, doi:10.1177/001391602237244.
 55. Kibbe, A.; Bogner, F.X.; Kaiser, F.G. Studies in educational evaluation exploitative vs. appreciative use of nature—Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. *Stud. Educ. Eval.* **2013**, *41*, 106–112, doi:10.1016/j.stueduc.2013.11.007.
 56. Ewert, A.; Galloway, G. Socially desirable responding in an environmental context: development of a domain specific scale. *Environ. Educ. Res.* **2009**, *15*, 55–70, doi:10.1080/13504620802613504.
 57. Oerke, B.; Bogner, F.X. Social desirability, environmental attitudes, and general ecological behaviour in children. *Int. J. Sci. Educ.* **2013**, *35*, 713–730, doi:10.1080/09500693.2011.566897.
 58. Etikan, I.; Musa, S.A.; Alkassim, R.S. Comparison of convenience sampling and purposive sampling. *Am. J. Theor. Appl. Stat.* **2016**, *5*, 1–4, doi:10.11648/j.ajtas.20160501.11.
 59. Bogner, F.X.; Wiseman, M. Adolescents' attitudes towards nature and environment: Quantifying the 2-MEV model. *Environmentalist* **2006**, *26*, 247–254, doi:10.1007/s10669-006-8660-9.
 60. Bogner, F.X.; Wiseman, M. Toward measuring adolescent environmental perception. *Eur. Psychol.* **1999**, *4*, 139–151, doi, 10.1027//1016-9040.4.3.139.
 61. Milfont, T.L.; Duckitt, J. The structure of environmental attitudes: A first- and second-order confirmatory factor analysis. *J. Environ. Psychol.* **2004**, *24*, 289–303, doi:10.1016/j.jenvp.2004.09.001.

5.4. Teilarbeit B

American Biology Teacher, 2020, 82 (4), 234–240

***FutureForest* – Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom**

Jennifer Schneiderhan-Opel^{1*}, Franz X. Bogner¹

¹Centre of Math & Science Education (Z-MNU), Department of Biology Education,
University of Bayreuth, NW1, 95447 Bayreuth, Germany

*Correspondence: jennifer.schneiderhan@uni-bayreuth.de

***FutureForest* – Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom**

Abstract

The terms Anthropocene and Homogenocene are frequently used to describe our current epoch, which is characterized by strong human impacts on the environment. One defining feature of the Anthro- or Homogenocene is biodiversity loss – experts say we are heading for Earth's sixth mass extinction. A crucial weapon in the battle against threats to biodiversity is education, particularly biodiversity literacy. Raising awareness of the social and environmental value of biodiversity, providing education on the concept of biodiversity, and promoting the ability to act may lead to active and responsible citizenship. We developed a biodiversity education teaching unit to promote biodiversity literacy through formal education. To make the topic of biodiversity tangible for students, our approach involves them in a citizen science project and uses the forest ecosystem to illustrate the relations between economic, ecological, and social aspects of biodiversity.

Keywords: biodiversity education, biodiversity literacy, citizen science, 21st century skills

Introduction

Today's students are the decision makers of tomorrow. In the future, they will face individual as well as political decision-making processes. We agree with Grace (2006) that education lays the foundation for the development of active and responsible citizenship. In the case of science education, this has also been referred to as "science for citizenship" (Kolstø, 2001). Future-oriented biology education needs to focus on socio-scientific issues to prepare students for active participation in decision-making processes involving aspects of science. If we equip students with the needed 21st-century learning and thinking skills and the respective knowledge, they will be able to generate and evaluate statements and opinions in debates concerning controversial socio-scientific topics.

We can define 21st-century skills as the set of skills and abilities students will need to make informed decisions and succeed in their future work and life (Dede, 2010; McComas, 2014). We see these skills as a determiner of active and participatory citizenship. Among others, the Partnership for 21st Century Learning (2009) set up a framework to define and support 21st-century skills. At its core are four learning skills, known as the four C's: creativity, communication, collaboration, and critical thinking. It also provides fundamental subjects and interdisciplinary themes, for example environmental literacy, to be promoted and mastered by students. Here, we present a biodiversity education teaching unit called "FutureForest," which focuses on promoting the four C's and biodiversity literacy.

Biodiversity literacy refers to knowledge and understanding of the concept of biodiversity as well as of relevant behaviors that contribute to biodiversity preservation (Moss et al., 2014). We regard biodiversity literacy as a subcategory of scientific literacy and environmental literacy. In the current epoch, referred to as the Anthropocene or Homogenocene, we are headed for Earth's sixth mass extinction (Samways, 1999; Waters et al., 2016; Ellis, 2018). Biodiversity loss is a threat to nature but also to humans, because our lives rely on several ecosystem services. Over the past two decades, there has been a massive research effort on the impacts of biodiversity loss on ecosystem functioning and provisioning of services. In the words of Cardinale et al. (2012), "There is now unequivocal evidence that biodiversity loss reduces the efficiency by which ecological communities capture biologically essential resources, produce biomass, decompose and recycle biologically essential nutrients." An investigated example is the influence of soil biodiversity loss on ecosystem functioning. Wagg et al. found that nutrient availability and plant diversity declined when soil biota diversity was reduced (Wagg et al., 2014).

Ceballos et al. (2015) cut right to the chase of the matter: "Averting a dramatic decay of biodiversity and the subsequent loss of ecosystem services is still possible through intensified conservation efforts, but that window of opportunity is rapidly closing." Human activities are known

5 TEILARBEITEN

to be primarily responsible for biodiversity change and loss. We therefore consider biodiversity literacy to be of high relevance for the development of environmental sustainability and biodiversity preservation, because students need the knowledge to value biodiversity and the particular skills to contribute to its preservation. The importance of education for the conservation of biodiversity has also been recognized by politics. For example, biodiversity education is anchored in the Convention on Biological Diversity and is part of its Aichi Biodiversity Targets (Secretariat of the Convention on Biological Diversity, 2014). Here, our focus is also on raising people's awareness for the value of biodiversity and promoting ways to contribute to biodiversity conservation and sustainability (i.e., biodiversity literacy). Our teaching unit pursues these targets and fosters 21st-century skills such as critical thinking, collaboration, communication, and creativity by exposing students to cooperative learning, discussion, role-play, and innovative teaching methods like computer-mediated learning and a school research collaboration (i.e., a citizen science project). In terms of content, we put the focus on the utilization and preservation of biodiversity, using the example of the forest ecosystem. We think that the forest ecosystem and its ecosystem services provide an example that is in line with students' reality. The lesson was originally designed for 10th-graders but may also be adapted to suit other age groups.

Learning Objectives

In terms of content, we focused on the forest ecosystem and its sustainable utilization and protection. Using the example of the forest ecosystem and forest soil organisms, the anticipated objectives of our lesson were (1) for students to receive an overview of the ecological, economic, and social value of biodiversity; (2) for students to gain an insight into the concept of biodiversity, based on the example of soil fauna; (3) for students to come to realize that the ecological knowledge of species and identification skills form the basis of successful nature, species, and biodiversity preservation; and (4) for students to develop an awareness of the negative impacts of human activity on biodiversity, based on the example of global climate change and the forest ecosystem.

Details of Lesson & Exercise

Prior to the Lesson: Collection of Soil Samples

Within our teaching unit, we integrated a citizen science project on DNA barcoding, giving the students the opportunity to actively take part in a real research process. Prior to their participation in the learning module, the students collected forest leaf litter samples, which were extracted and handed over to our campaign partner Barcoding Fauna Bavarica (part of the International Barcode of Life Initiative), which intends to establish a library of DNA barcodes of all Bavarian species. The advantage of this collaborative citizen science project between the participating students and the

Bavarian Barcoding Initiative was twofold. On one hand, the barcoding researchers benefited from receiving soil samples from various Bavarian regions provided by the students. The collection of these various samples would have otherwise required a vast amount of time, great effort, and expense. The students, on the other hand, got the opportunity to be engaged in a real research process and contribute to progress in science research and nature conservation.

Two Learning Modules in the Classroom

To expose students to learner-centered, authentic, and cooperative learning, learning at stations was the method of choice. Based on two modules including four learning stations, the lesson required 180 minutes. Figure 1 illustrates the learning cycle and Table 1 provides an overview on the learning activities.

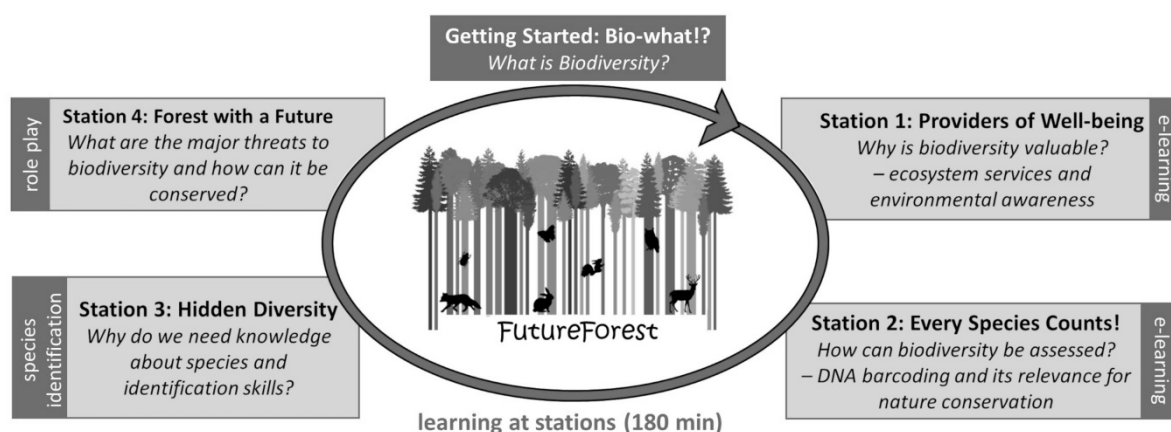



Figure 1. Overview of the learning module “FutureForest” – biodiversity education using the example of the forest ecosystem.

In the course of the assignments, the students worked independently in small groups of four. All necessary materials (e.g., info texts) were displayed at the stations, and a workbook provided the tasks to be solved (see Supplemental Material Appendix A). At the beginning of every station, a short introductory text outlined the learning content and the problem the students had to solve or the challenge they had to face (see Figure 2). These texts were meant to grab the students’ attention for the topic, promote their questioning attitude, and foster their foster situational awareness. Having completed a learning station, the students had to check their results independently with the help of an answer book. In such a learner-centered approach, the teacher takes on the role of an advisor rather than a mediator of knowledge. They answer students’ questions but do not further intervene in the learning process.

Table 1. Overview of the module phases and learning activities.


	<i>Phase of Teaching</i>	<i>Learning Content</i>	<i>Students Activity</i>	<i>Time (min)</i>
	Introduction	introduction to the concept of biodiversity (including all three dimensions) and basic ecological ideas	Hands-on learning	20
Module 1 (e-learning)	Station 1: “Providers of Well-being”	Forest ecosystem services providing human well-being; relation to biodiversity; personal behaviors contributing to forest preservation	Hands-on learning with an interactive website	30
	Station 2: “Every Species Counts!”	DNA barcoding and its applications for biodiversity preservation (e.g., biodiversity monitoring)	Hands-on learning with an interactive presentation	30
	Short break			10
Module 2	Station 3: “Hidden Diversity”	Identification of soil fauna; relation of species identification and preservation	Examine samples under the microscope; using a dichotomous identification key	30
	Station 4: “Forest with a Future”	Human activities influencing ecosystems and their services (<i>here</i> : monoculture vs. species-rich forests)	Conducting a role play	30
	Evaluation	Review, summary, and evaluation of the group results	Asking questions, describing results, complementing or improving results	30

Station 2: Every Species Counts! – E-learning




FutureForest

What if we were able to identify each and every animal, plant and fungus quickly and precisely? – This is the vision of DNA barcoding researchers.
At this station, you will get to know what DNA-Barcoding is, what functions it has and how your soil sample may contribute to the vision.



1. Read the info leaflet.



2. Name the advantages of DNA Barcoding for biodiversity monitoring.

Figure 2. Workbook section for station 2. A short introductory text outlines the learning

Introductory phase

At the beginning, a short introductory phase ensured similar pre-knowledge about basic ecological terms (species, ecosystem, etc.) and the three dimensions of biodiversity: species, ecosystem, and genetic diversity. Every group received an envelope containing 21 pictures of different ecosystems (a desert, a river, a coral reef, etc.), various forest animals, and several different-looking squirrels. The students were asked to arrange the pictures in a meaningful way. Afterward, several groups described their result, without any confirmation or rejection by the teacher. Then each group got four different short texts about biodiversity and its three dimensions. Each student was asked to read one text and to share the information provided with the group. Based on the exchange of information, the groups were able to revise and rearrange the order of their pictures. The intended solution was to arrange the pictures into three categories representing the three dimensions of biodiversity. We wanted the students to realize that biodiversity includes not only species diversity (e.g., the different forest animal species) but also the diversity of genes that determine the different-looking squirrels and the diversity of ecosystems. Next, the different outcomes were discussed in plenary. At the end, the students were asked to formulate a definition of biodiversity and write it in their workbooks.

After the introduction, half of the groups started with module 1 while the others began with module 2. Each learning station required 25 minutes. Following a 10-minute break, the students switched modules.

Brief Summary of Module 1

Station 1

At the first computer-mediated learning station, “Providers of Well-being,” the students worked with an e-learning website (<https://www.waldmitzukunft.de>) that we had developed and set up specifically for this purpose. The students had to solve two different tasks to complete this learning station. At first, the students worked with an interactive image of a forest (Figure 3). By clicking on different image regions, they were provided with information on all kinds of ecosystem services. Ecosystem services are defined as goods and services that are provided by ecosystems and contribute to human well-being. There are four categories of ecosystem services: provisioning services (e.g., foods such as game meat or raw materials like wood), regulating services (e.g., erosion prevention or pollination), cultural services (e.g., nonmaterial goods such as aesthetic or recreational values), and supporting services, which form the basis of all ecosystem services (e.g., primary production or nutrient cycle). All these goods and services are directly linked to human well-being. Through the learning station “Providers of Well-being,” the students got to know the four categories

of ecosystem services and learned how biodiversity relates to ecosystem functioning and consequently determines the provision of ecosystem services and human well-being. If students clicked on the image of a person walking, for example, a text on the recreational value of forests, a cultural ecosystem service, was displayed. Our aim was for the students to recognize the value of the forest ecosystem. In this example, the students should realize the social value of the forest as a place for recreation and nature experience. The overall task for the students was to create a mind-map, which would illustrate the four categories of forest ecosystem services in a reasonable way. After they got to know the services provided by forests, the students were asked to make a list of environmentally friendly behaviors contributing to the protection of the forest ecosystem – behaviors like using recycled paper or buying certified wood and paper products. A solution page enabled the students to check their answers and correct or extend their lists if necessary.



Figure 3. Screenshot of the first task on the learning website “FutureForest”. Here, students saw a picture of a forest with its different functions and ecosystem services. By moving the mouse over specific image regions students could explore the services provided by forests. By clicking on the wood stack, for example, students got further information on the provision of the natural resource wood.

Station 2

At the second e-learning station, “Every Species Counts,” the students worked with an interactive PowerPoint presentation. The presentation gave the students an insight into the systematic recording of biodiversity through DNA barcoding, a new method for species identification via DNA analysis. The information sheet contained instructions on how to work with the interactive

presentation. The students had to click through the slides and read the information provided. At some points, the students had to solve problems or answer questions.

The aims of this station were threefold. First, we wanted the students to understand the method of DNA barcoding (i.e., the genetic principles that determine the approach). The students learned that DNA barcoding relies on the identification and comparison of a species-specific gene, the so-called DNA barcode. They learned that DNA barcodes enable the identification of species or larvae that are hardly distinguishable morphologically. Second, we wanted the students to recognize the benefits of DNA barcoding, particularly with regard to nature conservation efforts. For example, the students learned that DNA barcoding requires only small amounts of DNA (e.g., parts of an insect wing). This facilitates environmental monitoring because researchers can quickly examine water or soil samples for their species occurrence and composition. Third, we wanted the students to realize their personal contribution to biodiversity conservation by collecting soil samples for the citizen science project.

Brief Summary of Module 2

Station 3

The third learning station gave the students a deeper insight into the species diversity of forest soil organisms. We wanted the students to get to know the “hidden diversity” underground and the important role of these organisms in the ecosystem. Earthworms may be widely known, but most students may not be aware of the huge diversity of soil organisms. We wanted them to realize that the variety of species is necessary to ensure the degradation and transformation of organic matter (e.g., dead plants or leaves) and that a reduction in soil organism biodiversity would result in a decline in nutrient availability and plant diversity.

For time and organizational reasons, we collected forest litter prior to the lesson. The organisms were extracted from the soil using a Berlese funnel (also known as a Tullgren funnel). Because the extraction takes 14 days, we decided, for organizational reasons, to provide the students with already extracted and presorted samples. We gave the students eight different test tubes containing already extracted soil organisms. This way, we could also make sure that each group was given the same predefined organisms that were part of our simplified identification key. After they had read a short instruction sheet on how to proceed with the identification, the students identified specimens with a microscope and a simplified dichotomous identification key (see Figure 4 and Supplemental

5 TEILARBEITEN

Material Appendix B). They narrowed the organisms down to the family, genus, or species level. Every student group had to identify all eight forest soil organisms.



Figure 4. A student identifying a soil organism with the help of an identification key and a binocular.

Station 4

Last but not least, at the fourth learning station the students took on roles as different interest groups within a conflict situation about the utilization and protection of forests, in a future scenario of a fictitious municipal forest. The role-play addressed potential future problems of conventionally managed forests (e.g., impacts of climate change and bark beetles on monocultures), and the students considered the advantages and disadvantages of naturally managed forests from different points of view. The students were given a text on the future scenario, short informational texts on four topics, and role cards with hints for each role. These can be found in Supplemental Material Appendix C.

First, the students had to read the fictitious scenario – about a forester in 2050, whose tree monoculture is mostly destroyed as a result of drought, storms, and bark beetle calamities, all caused by climate change – and answer the question of which problems occurred naturally within the fictitious forest and which were due to mistakes or wrong decisions made by the forester. Then each student had to read one of the short texts and share the information in it with the group members. The texts contained information on the topics “dead wood,” “spruces and climate change,” “bark beetles,” and “tree plantations vs. sustainable mixed forests.” After this information exchange, every student had the same knowledge on the topics. Then the students took one role card each and

prepared themselves for the role-play, which simulated a town hall meeting in the fictitious Futurecity between the new forester for the Futurecity Forest Service, a member of the Nature Protection Society, a chairperson of the Futurecity Tourism Association, and a chairperson of the Hunting Association of Futurecity. The aim of the meeting was to develop a common concept for a sustainable forest, the “futureforest.”

Alignment with *the Next Generation Science Standards*

The biodiversity education lesson meets several Next Generation Science Standards (NGSS) and involves all three dimensions of the NGSS: crosscutting concepts (Stability and Change; Systems and System Models), disciplinary core ideas (Ecosystem Dynamics, Functioning, and Resilience; Biodiversity and Humans; Developing Possible Solutions), and science and engineering practices (Constructing Explanations and Designing Solutions; Engaging in Argument from Evidence; Planning and Carrying Out Investigations). Specifically, the learning activities meet the following standards:

- **2-LS4-1 Biological Evolution: Unity and Diversity**

Make observations of plants and animals to compare the diversity of life in different habitats.

- **3-LS4-4 Biological Evolution: Unity and Diversity**

Make a claim about the merit of a solution to a problem caused when the environment changes and the types of plants and animals that live there may change.

- **MS-LS2-5 Ecosystems: Interactions, Energy, and Dynamics**

Evaluate competing design solutions for maintaining biodiversity and ecosystem services.

- **HS-LS2-7 Ecosystems: Interactions, Energy, and Dynamics**

Design, evaluate, and refine a solution for reducing the impacts of human activities on the environment and biodiversity.

Further Research Reading

Our lesson was accompanied by a study concerned with different research questions. First, we focused on students’ conceptions of biodiversity and their attitudes toward its value and protection (Schneiderhan-Opel & Bogner, 2019). We found that most students equate biodiversity with species diversity and that the majority of participants are not aware of the other two dimensions (genetic

5 TEILARBEITEN

diversity and ecosystem diversity); 46% of student statements included only one dimension, 97% of which referred to species diversity. Only 2% of student statements referred to two dimensions, and 1% included all dimensions (the remaining statements included no dimension, inadequate answers, or expressions of ignorance).

When students were asked, “Who can benefit from biodiversity? Give reasons for your answer,” 72% of their statements referred to animals, plants, or nature; 52% were concerned with humans; and 43% of their “reasons why” were concerned with ecosystem services. For example, the students mentioned the benefit of forests in the provision of timber and the ecosystem’s function in supplying oxygen and binding carbon dioxide.

Additionally, when students were asked to provide reasons for the protection of biodiversity, 70% of their statements revealed notions of nature preservation, and only 30% of the statements implied notions of nature utilization. Further analysis of research questions on knowledge acquisition, science motivation, and fascination is in progress.

Supplemental Material Appendix

The following appendices are available with the online version of this article:

- Appendix A: Workbook
- Appendix B: Instruction Sheet and Identification Key for Learning Station 3
- Appendix C: Scenario, Information Cards, and Role Cards for Learning Station 4

Conclusion

To promote biodiversity literacy as well as 21st-century skills, our unit combined real-world problems and future challenges concerning the socio-scientific topic of biodiversity. Our participating students especially enjoyed the student-centered, hands-on learning and seemed to be highly motivated by getting the opportunity to actively take part in a real science research process related to biodiversity preservation. Sustainable development depends on responsible and participative citizens, and we think that biodiversity education units like ours are important for strengthening students’ self-efficacy and sense of responsibility related to socio-scientific issues.

Acknowledgements

We thank all the participating students for taking part in our learning module and study. Financial support was granted by the STORIES of Tomorrow project funded by the European Union’s Horizon

2020 research and innovation program under grant agreement no. 731872, and by the program Qualitätsoffensive Lehrerbildung funded by the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF; grant no. 01JA160). This article reflects only the authors' views. Neither the European Union nor BMBF is liable for any use that might be made of information contained herein.

References

- Cardinale, B.J., Duffy, J.E., Gonzalez, A., Hooper, D.U., Perrings, C., Venail, P. et al. (2012). Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature*, 486, 59–67.
- Ceballos, G., Ehrlich, P.R., Barnosky, A.D., García, A., Pringle, R.M. & Palmer, T.M. (2015). Accelerated modern human-induced species losses: entering the sixth mass extinction. *Science Advances*, 1(5).
- Dede, C. (2010). Comparing frameworks for 21st century skills. In J.A. Bellanca and R.S. Brandt (Eds.), *21st Century Skills: Rethinking How Students Learn* (pp. 51–75). Bloomington, IN: Solution Tree Press.
- Ellis, E.C. (2018). *Anthropocene: A Very Short Introduction*. Oxford: Oxford University Press.
- Grace, M. (2006). Teaching citizenship through science: socio-scientific issues as an important component of citizenship. *Prospero*, 12(3), 42–53.
- Kolstø, S.D. (2001). Scientific literacy for citizenship: tools for dealing with the science dimension of controversial socio-scientific issues. *Science Education*, 85, 291–310.
- McComas, W.F. (2014). "21st-century skills." In W.F. McComas (Ed.), *The Language of Science Education: An Expanded Glossary of Key Terms and Concepts in Science Teaching and Learning* (p. 1). Rotterdam, Netherlands: Sense.
- Moss, A., Jensen, E. & Gusset, M. (2014). Evaluating the contribution of zoos and aquariums to Aichi Biodiversity Target 1. *Conservation Biology*, 29, 537–544.
- Partnership for 21st Century Learning (2009). P21 framework definitions. http://www.p21.org/storage/documents/docs/P21_Framework_Definitions_New_Logo_2015.pdf.
- Samways, M.J. (1999). Translocating fauna to foreign lands: here comes the Homogenocene. *Journal of Insect Conservation*, 3, 65–66.
- Schneiderhan-Opel, J. & Bogner, F.X. (2019). Between environmental utilization and protection: adolescent conceptions of biodiversity. *Sustainability*, 11(17), 4517.
- Secretariat of the Convention on Biological Diversity (2014). *Global Biodiversity Outlook 4*. Available at <https://www.cbd.int/gbo4/>.
- Wagg, C., Bender, S.F., Widmer, F. & van der Heijden, M.G.A. (2014). Soil biodiversity and soil community composition determine ecosystem multifunctionality. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 111, 5266–5270.
- Waters, C.N., Zalasiewicz, J., Summerhayes, C., Barnosky, A.D., Poirier, C., Gałuszka, A. et al. (2016). The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science*, 351, 137–147.

JENNIFER SCHNEIDERHAN-OPEL (jennifer.schneiderhan@uni-bayreuth.de) is a doctoral student and FRANZ X. BOGNER (franz.bogner@uni-bayreuth.de) is a Professor in the Centre of Math & Science Education (Z-MNU), Department of Biology Education, University of Bayreuth, Bayreuth, Germany.

Appendix A: workbook



FutureForest

Using and Protecting Biodiversity

WORKBOOK

Date: _____

Name: _____



UNIVERSITÄT
BAYREUTH



*Appendix A: workbook*Useful information:**A. Teamwork:**

Please, work together in groups of **4**.

Always read the tasks carefully before you start.

B. Learning Stations:

This learning module consists of **4** learning station. You will be given **25 minutes** to complete each station.

Please always leave the station as you have found it.

C. Order:

Half of the groups will start on the computers with the e-learning stations 1 and 2, while the others will do station 3 and 4. Then the groups will swap.

D. Symbols:

written tasks



verbal tasks (discussions, role-play, game etc.)



green info leaflets

E. Additional Tasks (A 1 – A 4):

Do the additional tasks (page 11ff.), if you have time left after completing the compulsory tasks.

Getting Started: Bio-what!?



To warm up, we will take a closer look at the term biodiversity.



1. Open the envelope and take the pictures out of it. Put the pictures in a reasonable order.



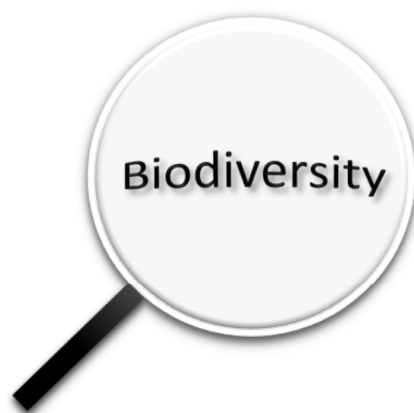
2. Share the info leaflets with each other and read the texts.



3. Share the essential points of the info leaflets with each other.



4. Give a definition of the term *biodiversity*.





Appendix A: workbook

Station 1: Providers of Wellbeing – E-learning



This learning station is about the importance and the value of biodiversity for humans. Using the example of forests you will observe the services provided by ecosystems.

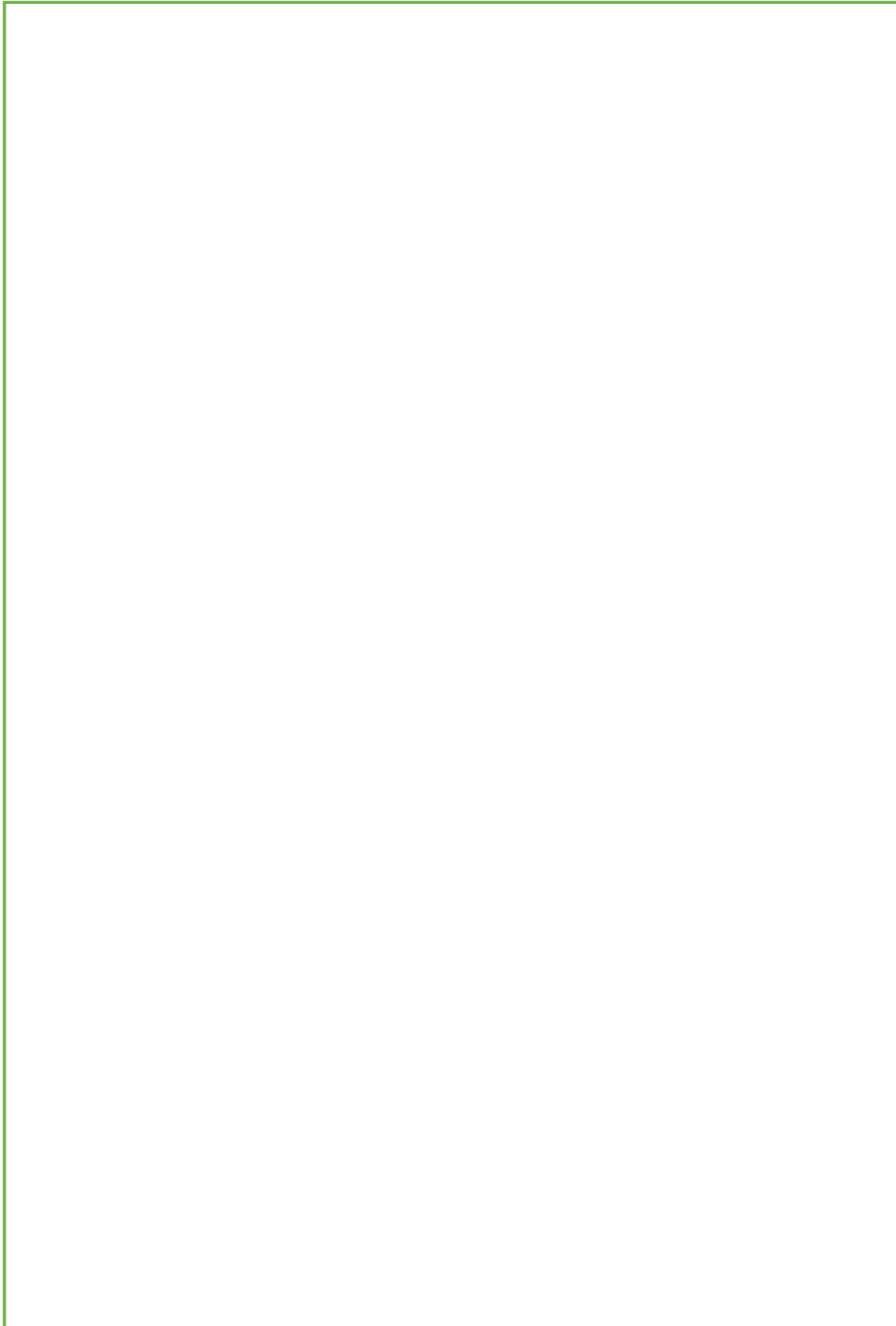
Open the website www.waldmitzukunft.de and log in with the credentials on display. Follow the instructions on the homepage and do the following tasks:

-  1. Create a mindmap, which illustrates the forest ecosystem services in a reasonable way and refers to the four categories of them. You may find free space for your mindmap on the next page.
-  2. Click on the button “Task 2” on the homepage and follow the instructions.

[illegible]

Appendix A: workbook

Mindmap: Forest Ecosystem Services



Appendix A: workbook

Station 2: Every Species Counts! – E-learning



What if we were able to identify each and every animal, plant and fungus quickly and precisely? – This is the vision of DNA barcoding researchers.

At this station, you will get to know what DNA-Barcoding is, what functions it has and how your soil sample may contribute to the vision.



1. Read the info leaflet.



2. Name the advantages of DNA Barcoding for biodiversity monitoring.

Appendix A: workbook

sample number	name	characteristic features
6		
7		
8		



3. Play the game „Matching Pairs - Soil Organisms“ to test your identification skills and to find out more interesting facts about soil organisms.



4. Increasingly heavy machinery is used in commercial forests for timber harvesting. The pressure on the soil endangers the soil biota. Make assumptions about the consequences of endangered soil biota for the forest ecosystem.
Open the envelope „Help“ if you need some advice.

Done! Please don't forget to set up the station as you found it and place every sample back in its container!

Appendix A: workbook



3. Now, each of you draws a role card out of the envelope on display. Read the role card and write down at least three arguments relating to your role.

4. Now you will hold the town meeting. Stick to the following rules:



- The head of the forest enterprise initiates the discussion and leads the town meeting. He has the right to give the floor to somebody and to ask speakers to give up the floor, if they deviate from the subject.
- Listen to each other carefully. Think of counterarguments or support the previous speaker.
- Try to open up new perspectives.
- Search for possible clashes of interest.
- If possible, develop a compromise, which is acceptable for everyone and which combines the targets "utilization" and "protection".
- The head of the forest enterprise ends the conversation at an agreed time.



5. Write down your compromise.

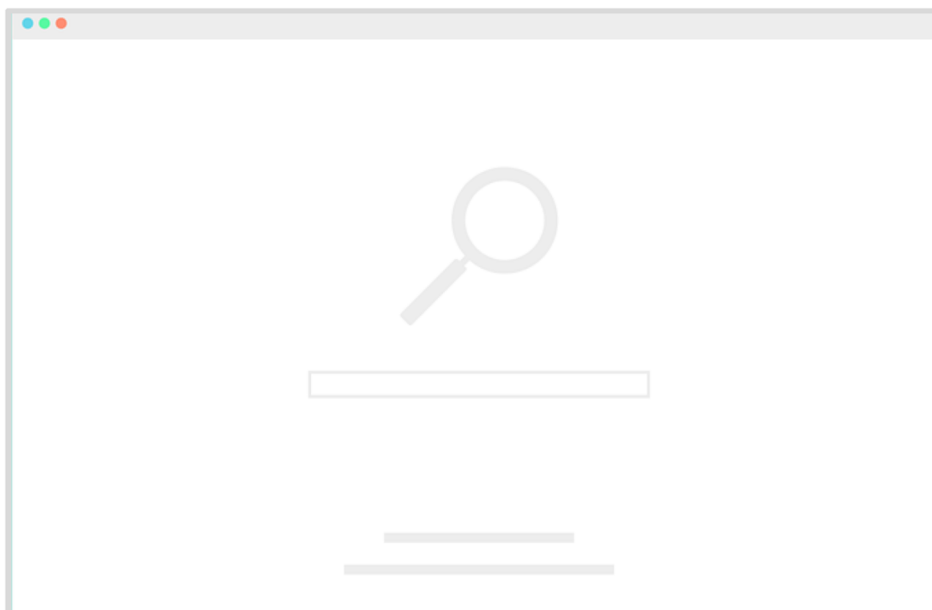
Additional Task Station 2



1. Sum up possible applications of DNA Barcoding.



2. Do an internet research to check your answer to question 1 and correct it if necessary.






Appendix A: workbook



Additional Task Station 4



Forests have the role of both the victims and the rescuer in global climate change. Comment on this statement.

Appendix B: instruction sheet (printed on green paper) and identification key for learning station 3



What hides in leaf litter?



Identification Key for leaf litter invertebrates


1	a) walking legs are present or b) without walking legs, body wormlike with ring-like segments	→ 3 → 2	arthropods
2	a) less than 2 inch in length, usually yellowish or white or b) longer, usually reddish-brown		enchytraeids (potworms) earthworms
3	a) legs not jointed or b) jointed legs	→ 4	insect larvae (except beetle larvae)
4	a) 14 walking legs (7 pairs), body flattened or b) 6 walking legs or more (3 pairs or more)	→ 5	woodlice
5	a) 8 walking legs (4 pairs) or b) 6 or more than 8 walking legs (3 or more than 4 pairs)	→ 6 → 9	Arachnids
6	a) body divided into two parts, distinct constriction behind the last pair of legs or b) without distinct constriction behind the last pair of legs	→ 7	spiders
7	a) abdomen not segmented or b) abdomen segmented, first pair of appendages (pedipalps) enlarged as pincers	→ 8	pseudoscorpions
8	a) legs more than twice as long as the body or b) legs shorter		harvestmen mites
9	a) 6 walking legs (3 pairs) or b) more than 18 walking legs (9 pairs)	→ 13 → 10	insects myriapoda
10	a) 4 legs (2 pairs) are attached to each body segment or b) 2 legs (1 pair) is attached to each body segment	→ 12 → 11	millipedes centipedes

Appendix B: instruction sheet (printed on green paper) and identification key for learning station 3

11	a) approx. 15 pairs of legs or b) at least 31 pairs of legs		stone centipedes earth centipedes
12	a) roll up into spirals when disturbed or in immediate danger or b) roll up into a ball when disturbed or in immediate danger		snake millipedes pill millipedes
13	a) wings or wing pads visible or b) without visible wings	→ 14 → 15	
14	a) without filaments or pincers on the end of the abdomen or b) filaments or pincers on the end of the abdomen present	→ 15	beetles
15	a) distinctive mouthparts (mandibles), more than 6 abdominal segments or b) forked springing organ (furcula) on the abdomen, 6 or fewer abdominal segments or c) a pair of forceps-like pincers		beetle larvae springtails earwigs

© Jennifer Schneiderhan

Appendix C: Scenario, information cards and role cards for learning station 4

Futurecity – Scenario

The year is 2050. We are in futurecity. Average annual temperatures have risen due to climate change. Persistent drought and lengthy heat waves characterize the summer months. Storms and heavy rainfalls frequently occur during the mild winter months. The forester Collin Conventional is responsible for futurecity's municipal forest. Ever since, he practices conventional forestry and grows spruces in monoculture. The wood of these fast-growing trees constantly made good profits in the timber market. Collin Conventional even removed any dead wood from his forest to sell it as firewood. However, during the last year he was less fortunate with his spruces. At first, he lost a large part of his stock due to a heavy storm. Afterwards, a bark beetle calamity mostly destroyed his tree plantation.



source: pixabay

Due to the consequences of Collin Conventional's practices, the Future City Forest Service has hired a new forester for recovering the municipal forest. The new Forester, Nathaniel Natural, calls a town hall meeting, to decide on the future of futurecity's forest.

The following representatives attend the meeting:

- **the new forester for the *Futurecity Forest Service***
- **a member of the *Nature Protection Society***
- **the chairperson of the *Futurecity Tourism Association***
- **the chairperson of the *Hunting Association Futurecity***

The aim of the meeting is to develop a common concept for a sustainable forest, the *future-forest*.

Now, it's your turn. Fulfill the tasks provided in your workbook and conduct the role play.

Appendix C: Scenario, information cards and role cards for learning station 4

Dead Wood

What is dead wood?

The term dead wood describes standing or lying trees or parts of trees, which are mortified. It is the last developmental step in a tree's life and one of the most important structural element of our forests.

Why is dead wood so important?

Dead wood is the basis of life for one third of all forest animal, plant and fungi species. This includes for example 1,500 insect species, which use dead wood as habitat and food source. Many of these species, for example the stag beetle, are endangered species that are under conservation. Dead wood is therefore an indispensable part of a stable forest ecosystem and for a rich biodiversity.



A male stag beetle with its characteristic mandibles resembling the antlers of a stag.



Myriad fungi species live on dead wood.

Spruces and Climate Change

Climate change threatens our forests, especially because trees living beings, which grow and develop slowly. They are not able to act on changing environmental conditions at short notice.

Spruces will probably suffer the most, because increasing drought and decreasing rainfall will worsen their conditions of growth. Enfeebled by drought stress, spruces will be vulnerable to diseases and pest infestations. An increasing rate of storm events will threaten spruces additionally. With their very shallow roots, spruces are much more easily pulled down by a strong storm than, for example, deep rooting pines.



Drought stressed spruces.

Bark Beetles

Bark beetles are forest pests, which bore into the inner bark of trees to feed on the sugary tissue and to reproduce. They mostly attack already weakened trees, because healthy trees defend themselves by producing a greater amount of resin to literally drown the beetles and their breed.

Warming temperatures and drought associated with climate change provide ideal conditions for bark beetle reproduction and can lead to mass propagation. Trees already weakened by drought are not able to produce enough resin and even healthy trees are not able to fight the huge mass of bark beetles.

Especially tree monocultures suffer from such a pest mass reproduction. Imagine having planted a garden full of parsley and a bevy of rabbits is after it. Planting a diversity of vegetables and herbals, would increase the chances of having something left to be harvested. The same applies to a tree monoculture that is infested by bark beetles.



A spruce monoculture infested by bark beetles.



Bark beetle aisles in a trees' bark.

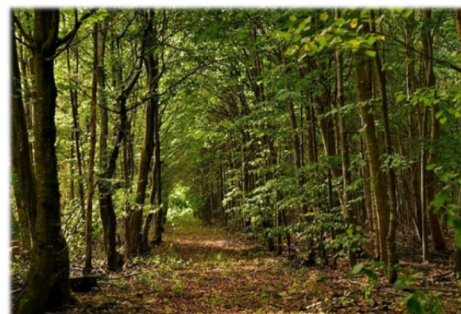
Tree Plantations vs. Sustainable Mixed Forests

In Forestry, a monoculture is referred to planting only one tree species. Fast growing trees like eucalyptus, pine or spruces planted in rank and file, promise quick money and good profit on the timber market. On the one hand, these tree plantations are known to be an important source of income for conventional forestry but on the other hand, the unnatural monocultures are very species-poor and are less adaptable to changing environmental conditions.

In contrast, natural and sustainable forestry relies on a healthy mixture of coniferous and deciduous trees with a balanced age structure. Naturally mixed forests are better equipped to adapt to environmental changes. They provide a wide range of habitats, for example dead wood, for many animal, plant and fungus species. Sustainably managed forests are therefore characterized by a high biodiversity and ensure diverse ecosystem functions and services.



A tree monoculture.



A naturally mixed forest.

Appendix C: Scenario, information cards and role cards for learning station 4

You play the role of the **new forester for the Futurecity Forest Service**.

You pursue the following goals:

- reforestation to a valuable, commercial timberland
- production of high-quality timber
- construction of fences serving as defense for young trees against game bite
- expansion of transport routes
- removal of dead wood as a protection against bark beetle damage



You play the role of a **member of the Nature Protection Society**.

You pursue the following goals:

- establishment of a nature conservation area
- reforestation through replanting to an adaptable mixed forest
- choice of native tree species
- after reforestation only natural regeneration
- high amount of dead wood



You play the role of the **chairperson of the Futurecity Tourism Association**.

You pursue the following goals:

- recreational value of the forest comes first
- building a network of hiking trails
- set up a wildlife park
- construction of a climbing crag to attract more tourists
- reforestation to a diverse forest for local recreation
- preserving the forest as a cultural artifact for future generation



You play the role of the **chairperson of the Hunting Association Futurecity**.

You pursue the following goals:

- silence within the woods
- expansion of the game law
- hunting to protect young trees against game bite
- adjustment of the game population
- reforestation to a species-rich forest



5.5. Teilarbeit C

Sustainability, 2020, 12(5), 2036

**The relation between knowledge acquisition and
environmental values within the scope of a
biodiversity citizen science project**

Jennifer Schneiderhan-Opel^{1*}, Franz X. Bogner¹

¹Centre of Math & Science Education (Z-MNU), Department of Biology Education,
University of Bayreuth, NW1, 95447 Bayreuth, Germany

*Correspondence: jennifer.schneiderhan@uni-bayreuth.de

The Relation between Knowledge Acquisition and Environmental Values within the Scope of a Biodiversity Learning Module

Abstract:

Global biodiversity declines at unprecedented rates, mainly due to human-induced environmental change. Biodiversity conservation is, thus, highly dependent on responsible and sustainable citizenship. Educational efforts are regarded as an important means to foster awareness and pro-environmental behavior. The present study monitors two factors considered to be particularly relevant for promoting sustainable behavior: cognitive knowledge and environmental values. 205 students (Mage = 15.3) participated in a biodiversity education module including a citizen science (CS) activity on DNA barcoding. With a pre-post-retention design, we measured cognitive achievement and environmental values, which are expressed by environmental utilization (UTL) and preservation (PRE) as well as the appreciation for nature (APR). Overall, we found positive relations between knowledge and PRE as well as APR, whereas UTL was negatively related to knowledge. In the whole module and the sub-modules, cognitive achievement followed the usual pattern, with a substantial short-term knowledge increase from pre-test (T0) to post-test (T1) following a moderate decrease in the retention test (T2). Unexpectedly, a considerable sub-sample (n = 103) deviated from the assumed knowledge drop at T2 and showed an additional knowledge gain in a sub-module directly focusing on the CS activity. Students in this sub-sample revealed significantly higher PRE and APR scores compared to the rest of the students. We discuss these findings in relation to the implications for educational CS.

Keywords: biodiversity education; citizen science; knowledge retention; biodiversity conservation; biodiversity awareness; environmental values; education for sustainable development (ESD); environmental education (EE)

1. Introduction

Conservation scientists repeatedly emphasize that the earth is facing a sixth mass extinction [1]. The only recently released global assessment report on biodiversity and ecosystem services concluded that nearly one million flora and fauna species are seriously endangered [2]. Major ecosystems, such as wetlands, forests and coral reefs are changing rapidly. Human activities are considered the driving forces of environmental change and of the rising biodiversity loss. Not least because of this, the current epoch is often referred to as the Anthropocene or Homogenocene [3,4]. The Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services (IPBES) [2] identifies direct

causes of global biodiversity loss which are determined by underlying indirect drivers of environmental change. Indirect causes, including among other factors, overpopulation, consumer behavior, international trade, industrial and technological changes, expansion of forestry and agriculture, have led to the degradation of natural environments. Five consequences of these indirect drivers are considered mainly accountable for directly inducing habitat and species loss: overexploitation of natural resources and species, land- and sea-use change, pollution, climate change and the introduction of invasive species. Well-known examples of human-induced alterations of biodiversity are the impacts of overfishing on oceanic environments or the reduction of forest ecosystems due to monoculture cultivation. A generally accepted measure for the human impact on the environment is the ecological footprint, which tracks human demand on biologically productive areas. According to data of the Global Footprint Network's National Footprint and Biocapacity Accounts, the global ecological footprint exceeds biocapacity, resulting in an ecological overshoot, which is steadily growing every year at an average of two percent [5]. The global human footprint is overriding biocapacity because humanity demands 1.7 earths worldwide [6]. The human impact on the environment varies geographically: the footprint of Germany, for example, exceeds the biocapacity by 199% [7]. Among the most affected biomes in the world are Western Europe's temperate deciduous forests, India's tropical dry forests and the tropical moist forests of Southeast Asia [6].

Human activities cause tremendous biodiversity loss causing irrevocable damage to the natural world and, from an anthropocentric point of view, to human welfare. A biodiversity decrease can lead to a loss in ecosystem functioning, which lessens the ability of nature to provide certain ecosystem services, i.e., goods and benefits for human wellbeing [8]. According to the above-mentioned IPBES report, most of these services are on a decline. This includes, for example, pollination, regulation of climate or air quality, as well as soil formation and protection. Ultimately, by destroying biodiversity, we are degrading our own basis of life. Ehrlich and Pringle [9] cut right to the chase of the matter by stating:

In short, although there are many uncertainties about the trajectories of individual populations and species, we know where biodiversity will go from here in the absence of a rapid, transformative intervention: up in smoke; toward the poles and under water; into crops and livestock; onto the table and into yet more human biomass; into fuel tanks; into furniture, pet stores, and home remedies for impotence; out of the way of more cities and suburbs; into distant memory and history books [9] (p. 11580).

1.1. Biodiversity education

Halting the biodiversity decline is one of the most critical challenges of our time. Approaching this goal requires action, commitment and involvement not only of the scientific community or

polymakers but also of the general public. A decrease in the above-mentioned human-induced threats to biodiversity cannot solely be accomplished by political means such as imposing taxes, fees or penalties [9]. Instead, multi-faceted approaches are needed for the implementation of conservation strategies, and their success strongly relies on the readiness of the public. Individual actions such as conscious and sustainable consumer behavior play a key role in reducing the human impact on the environment. Besides the urgency of the issue, studies point towards a rather limited biodiversity awareness among laypersons [10–12]. It has been repeatedly shown that biodiversity is often reduced to species diversity [13,14]. There is a broad consensus on the importance of educational measures to foster understanding and appreciation of biodiversity [9,15]. Developing knowledge and raising awareness of biodiversity through education is regarded as a crucial driver for enhancing engagement and an important measurement for sustainability development. Environmental knowledge and competencies are required for making informed decisions or for taking part in discussions about socio-scientific issues [16,17]. Education is also one of the key measures proposed by the Convention on Biological Diversity (CBD) ever since its ratification in 1992 [18]. It is embedded in Article 13 and in the Aichi Biodiversity Targets. These targets are part of the Strategic Plan for Biodiversity 2011–2020, which was adopted after conservation aims set for 2010 were not achieved.

Biodiversity has repeatedly been identified as a complex, interdisciplinary and elusive concept [19]. The most obvious difficulty of biodiversity education lies in the definition of the concept. It includes not only the diversity of species but also of genes and ecosystems [20]. More updated definitions additionally include, among others, concepts such as relative frequency, composition, spatial distribution and interaction of species, genotypes and functional groups within ecosystems [16]. Several studies have shown that students and lay persons have a species-centered view on biodiversity, e.g., [14,16,20]. Students need to gain a more comprehensive understanding of biodiversity in order to grasp the complex drivers and consequences of biodiversity loss mentioned above, which affect the natural world as well as human wellbeing [9]. For example, ecosystem functioning and the provision of ecosystem services can never be fully understood if the biodiversity concept is reduced to species richness. Furthermore, biodiversity is defined as a socio-scientific issue because the underlying interrelations of biodiversity loss and conservation attempts do not only require a scientific and ecological understanding but include consideration of social, economic, political and cultural aspects [21]. Thus, the topic has a normative and value-laden character because varying perspectives need to be included in decision-making processes [22]. Based on the multi-dimensionality of the topic, environmental education (EE) or education for sustainable development (ESD) are highly suitable approaches for biodiversity education [19,23]. Both approaches “acknowledge the relations and interdependencies between environmental and socio-economic issues and both recognize biodiversity as an important cross-cutting educational theme, and as a concept that can portray such

complexities” [24] (p. 18). In the sense of EE and ESD, biodiversity can be understood as an interdisciplinary educational task that must be comprehensively realized in all school types and subjects.

1.2. FutureForest—Engaging Students in Biodiversity Conservation

For the present study, a biodiversity education module called FutureForest [25] was designed to raise awareness for biodiversity loss among students and to engage them in biodiversity conservation. Focusing on biodiversity conservation with the example of the forest ecosystem, the module involves students in a collaborative citizen science activity on DNA barcoding supplemented with educational materials and activities in the regular biology classroom.

Within the last decade, citizen science (CS) has attracted increasing attention in science and conservation research [26–28]. CS involves members of the public in authentic scientific research [29,30]. In literature reviews by Follett & Strezov [27] and Kullenberg & Kasperowski [31], conservation biology was identified as a major thematic framework of CS publications available in the Web of Science and Scopus. Biodiversity research is in particular benefiting from CS [32]. Engaging volunteers in biodiversity monitoring enables the generation of large amounts of data and has already considerably contributed to the global biodiversity assessment [33,34]. Having reviewed 388 biodiversity-related CS projects, Theobald et al. [35] point out that the considerable potential of CS for biodiversity monitoring is still largely untapped.

In addition to its increasing popularity in scientific research, CS has gained consideration in science and environmental education research [36,37]. Peter et al. [38] reviewed publications on the educational impacts of biodiversity-related CS projects. They conclude that CS is a suitable approach for biodiversity education. Most of the studies reviewed reported positive effects of CS on participants’ knowledge, attitudes and reported behavior. Outcomes that were found less frequently were changes in participants’ skills, self-efficacy and interest. For example, Jordan et al. [39] investigated knowledge acquisition in a CS project on invasive plant species. They could show that participants increased their species knowledge significantly by taking part in the project.

In summary, CS has gained ground in scientific research, and its positive impact on informal learning is very promising. Most studies on the learning outcomes of CS projects evaluate the informal learning experiences of volunteer participants, while only a few studies are available which have investigated CS as part of formal education approaches [40,41]. Our intention to integrate a citizen science activity in our biodiversity education module was justified by two clear benefits that we ascribe to citizen science. First, citizen science provides an otherwise rather rarely perceived opportunity in formal science education: to expose students to authentic scientific inquiry. Second, citizen science, in our case biodiversity citizen science, makes it possible to directly involve students in

biodiversity conservation because DNA barcoding plays a significant role in biodiversity assessment and environmental monitoring, which in turn constitutes an essential requirement for preservation activities. To our knowledge, only a few studies so far have evaluated approaches where citizen science was integrated into formal educational interventions [40,42].

1.3. Knowledge Acquisition and Environmental Values

Biodiversity conservation lies in the responsibility of each one of us and requires responsible citizenship as well as environmental stewardship. Environmental knowledge plays an important role regarding active participation because knowledge and competences determine the development of pro-environmental attitudes and behavior [43]. For example, in a study on behavioral intentions towards global climate change, Bord et al. [44] identified an in-depth understanding of the causes of climate change as a major trigger for supporting pro-environmental action. Furthermore, knowledge and competences are needed to enable decision-making processes regarding socio-scientific issues [45]. Besides knowledge, environmental behavior is assumed to be predicted by a person's environmental values [46]. The relation between environmental values and knowledge acquisition as well as their influence on pro-environmental behavior is of high consideration for ESD and environmental education research.

A widely used instrument to measure adolescents' environmental values is the two major environmental values (2-MEV) model by [47,48]. Over the last two decades, the two-dimensional structure of the 2-MEV model has been repeatedly confirmed by bi-national studies and independent research groups [49–53]. The initial 69 item-set was refined and reduced to 14 items that sufficiently measure two higher-order factors: Preservation (PRE) and Utilization (UTL). Preservation refers to an altruistic, ecocentric perspective on the environment, including preferences to protect and conserve nature. Utilization, on the other hand, reflects an anthropocentric view on the environment, focused on exploitative, egocentric use of natural resources. Following the definition by Rokeach [54], the term “attitudes” refers to first-order factors, and the term “values” describes higher-order factors. Thus, we will use the expression “environmental values” hereafter. In a recent study, PRE and UTL were associated with a third concept: appreciation of nature (APR) [55]. It forms the opposite pole to an exploitative utilization of natural assets and is reflected in the sustainable and conscious use of nature, e.g., for recreational reasons, without overexploiting the natural resources [56,57]. Understanding the interactions between knowledge and environmental attitudes is of high relevance to education sciences. Thus far, several studies have repeatedly linked knowledge acquisition to the environmental values of preservation and utilization. However, studies vary in their results, and the relationship between knowledge and the 2-MEV values do not seem to be completely clarified yet. Boeve-de Pauw & Van Petegem [58] investigated the environmental knowledge and

attitudes of 10 to 12-year-old students, revealing a positive relation between utilization and students' knowledge. Fremerey and Bogner [59] examined the cognitive achievement of 12-year-old students within an educational outreach-module on the topic of drinking water and reported a positive correlation between the pro-environmental value preservation and students' knowledge scores, while utilization showed no relation to knowledge acquisition. Additionally, Thorn and Bogner [60] reported a positive relation of preservation and a negative relation of utilization with the cognitive achievement of 13-year-old students within an environmental learning module on forest conservation.

2. Research Goals

The present study aims to (i) analyze the cognitive achievement of the participating students in the whole module and the sub-modules, and (ii) examine the effect of the students' environmental values on their cognitive achievement in the learning module. The following research questions are applied:

RQ 1: To what extent does participation in the learning module affect the students' short- and long-term knowledge acquisition?

RQ 2: To what extent are the students' environmental values *preservation*, *utilization* and *appreciation* related to the expected knowledge acquisition?

We expect our module to have a short-term as well as a long-term effect on students' content knowledge. Furthermore, we anticipate *utilization* to negatively affect students' learning, while we assume *preservation* and *appreciation* to be positively connected to the participants' cognitive achievement.

3. Materials and Methods

3.1. Sample

The sample consisted of 276 German 10th-grade students from the secondary, university preparatory school ("Gymnasium"). Overall, 12 classes from seven schools participated in our project. The schools were located more in rural areas and smaller towns in northern parts of Bavaria, Southern Germany. 205 full data sets were available for the evaluation (46.8% female, age: $M \pm SD = 15.3 \pm 0.64$). A test-retest group consisting of 35 students from two further classes from two schools completed the questionnaires without participating in the project (77.1% female; age: $M \pm SD = 15.5 \pm 0.61$). Teachers enrolled their classes for the project, and students' as well as parents' permission was required for participation.

3.2. Project Content and Design

The overall aim of our educational effort was to increase knowledge on biodiversity and to raise awareness for its conservation. Students participated in a 4-lesson learning module (180 min) on

biodiversity using the example of the forest ecosystem. The example of the forest was used because it was directly linked to the students' environment and experience. The module consisted of four sub-modules covering different aspects of biodiversity and its conservation and included a collaborative citizen science activity.

Students collected forest soil samples for a national DNA barcoding project. DNA barcoding is a method used to genetically identify species by using species-specific genetic markers, so-called DNA barcodes [61]. To determine a species via DNA barcoding, its amplified DNA barcode must be compared to already morphologically and genetically determined reference species in a barcode database. The method, thus, relies on the establishment of an international database that contains all recently known species. With the soil organisms contained in their soil samples, students contributed to the expansion of this database. Beyond this goal, the participating scientists aim to find new, previously unknown species of soil organisms. Students were trained by their teachers for correct data collection and were provided with a sampling protocol. The protocol, on the one hand, contained tasks to be filled in by the students, and on the other hand summarized information on the collection of the sample and the GPS location data, as well as on the correct handling of the soil to prevent it from drying out. The students were asked to provide details on the sample location (e.g., plant and tree composition of the respective forest). Together with the protocol data, the soil samples were sent to the scientists for a barcoding analysis. A few months later, students were informed about the species determination results with a letter containing the German and Latin species names, a phylogenetic tree and a picture of all the species that were found.

The content and tasks of the four sub-modules focused on different aspects of the overall topic:

- (1) forests as providers of wellbeing: ecosystem services, including supporting, provisioning, regulating and cultural services.
- (2) DNA barcoding: the use of the method for species identification and its direct relation to biodiversity conservation through environmental monitoring.
- (3) species knowledge: the determination of forest soil organisms using a simple identification key combined with a task on the importance of a diverse composition of soil organism species for ecosystem functioning.
- (4) human-induced threats on biodiversity: the impact of the cultivation of spruce monocultures on local biodiversity (consequences of bark beetle calamities, climate change, etc.), including the perspectives of different stakeholders in a future scenario role play.

Following a self-determination approach [62], students worked collaboratively and autonomously in small groups of three to four students, guided by a workbook containing all the necessary information and task descriptions. The groups were self-responsible for completing the whole module within the given time frame. Materials for each sub-module were provided at workstations that were offered twice in the classroom to ensure a continuous workflow. Having completed a workstation, students were asked to independently compare their results to a solution booklet provided

at the teacher's desk. A final teacher-guided wrap-up phase at the end of the module ensured the verification and, where applicable, improvement of students' results.

3.3. Instruments and Procedure

A paper-and-pencil questionnaire was used to monitor the knowledge and environmental values. The ad-hoc knowledge scale consisted of 25 program-specific multiple-choice questions. One item was on the definition of biodiversity, while the remaining 24 items covered four knowledge fields referring to the content of the sub-modules of the intervention: (i) ecosystem services and their relation to biodiversity; (ii) the method of DNA barcoding and its use for biodiversity preservation; (iii) identification of soil organisms and their role in the forest ecosystem; and (iv) threats to biodiversity using the example of the forest ecosystem (in figures and tables abbreviated as (i) "ecoservice", (ii) "barcoding", (iii) "ident" and (iv) "threats"). We ordered the items randomly and differently at each test time. Each item had four response options, only one of which was correct (item examples are shown in Table 1).

Table 1. Knowledge test item examples for each sub-module. Correct answers in bold.

Sub-module	Item Example	Item Difficulty
ecosystem services	Which protection cannot be provided by forests? a) protection against avalanches. b) flood protection. c) protection against soil erosion. d) earthquake protection.	0.55
DNA barcoding	The overriding goal of DNA barcoding is... a) ...to capture global biodiversity. b) ...to replace taxonomists. c) ...to replace morphological species identification. d) ...to identify individual species, which are difficult to identify morphologically.	0.44
species identification	A diverse community of soil biota provides for... a) ...storage of heat in the soil. b) ...decomposition of organic substances (dead remains of plants and animals). c) ...availability of water in the soil. d) ...the conversion of carbon into nutrients.	0.72
biodiversity threats	You should advise a forester for the future to... a) ...always remove deadwood from the forest immediately. b) ...to bet on a single tree species only. c) ...to plant a variety of tree species. d) ...to plant non-native tree species from warmer regions.	0.62

To measure the environmental values, we used the 2-MEV and appreciation for nature items as displayed in [55]. To measure the individual participant outcomes, our study followed a quasi-experimental design [63], including a pre-, post- and follow-up test as well as a test-retest group. Students completed the questionnaire one or two weeks before (T0), directly after (T1) and six weeks

after (T2) participation. We measured the content knowledge at all three test times, while we included the 2-MEV scale at T0 only. Each test took the students approximately 20 minutes. The biodiversity module, as well as the evaluation, took place during regular school hours.

3.4. Statistical Analysis

We used IBM SPSS statistics version 24 for the statistical analysis. Following the central limit theorem, we conducted parametric tests [64]. We recoded responses of the knowledge test to “1” for correct answers and “0” for false answers. All tests were computed using the sum scores of the overall 25 knowledge items or the 6 items relating to each sub-module. Consequently, high scores indicate a good comprehension with 25 and 6 respectively presenting the maximum attainable scores. Cronbach’s alpha reliability scores of the knowledge questionnaire were acceptable, except for T0: $\alpha_{T0} = 0.654$, $\alpha_{T1} = 0.745$, $\alpha_{T2} = 0.796$. We used the knowledge items of the test time T0 to determine the item difficulty levels (Figure 1). Ranging between 0.15 and 0.96, the items showed a suitable range from easy to difficult. A Shapiro-Wilk-Test showed a normal distribution of the item difficulties ($p = 0.31$).

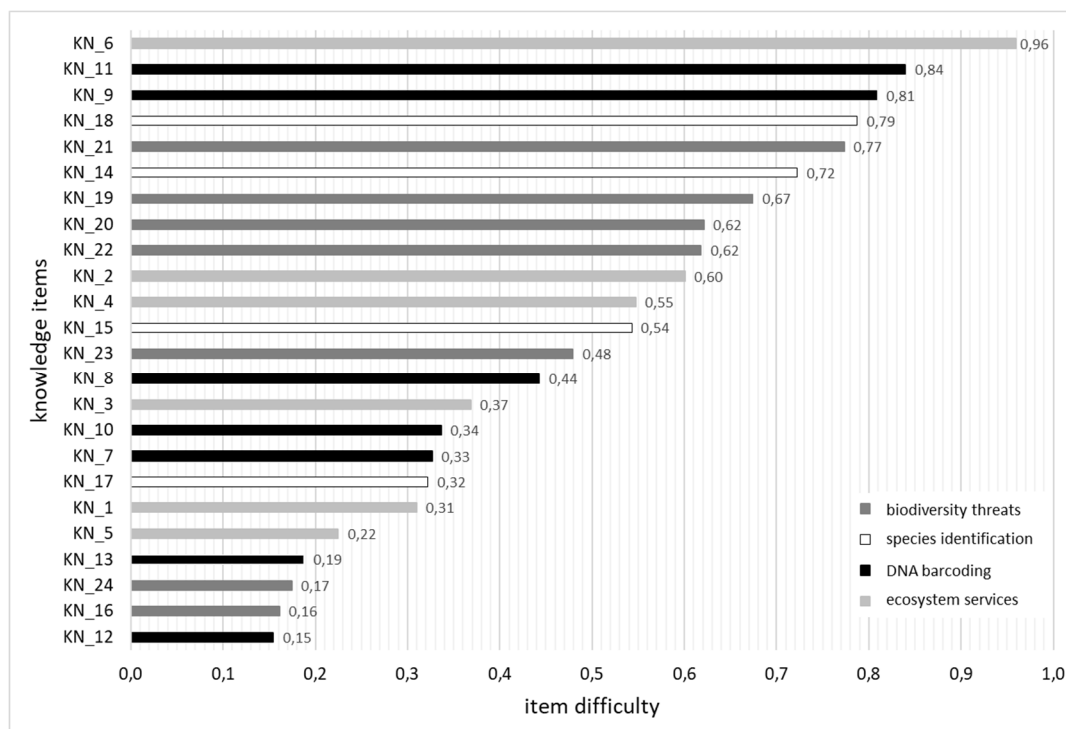


Figure 1. Distribution of item difficulties of the 24 knowledge items of the four sub-modules. Lower scores indicate more difficult items.

Repeated measure analyses of variance (ANOVAs) was used to determine knowledge differences between the test times T0, T1 and T2. In cases of a significant Mauchly’s test showing a violation of sphericity, we used a Huynh-Feldt adjustment for correction. Post-hoc analyses were Bonferroni-corrected.

A two-tailed Pearson correlation with Bonferroni-corrected p -values was used to examine relations between knowledge and 2-MEV at T0, T1 and T2. Based on the mean scores of the environmental value variables, we conducted a quartile split to compare the bottom and upper 25% of the sample concerning their cognitive achievement. Upper quartile participants (high scorers) were referred to as students with high utilization, preservation or appreciation preferences, while lower quartile participants (low scorers) were referred to as students with low preferences in the respective environmental value.

For all group differences that were reported, we used unpaired t -tests for intergroup comparisons and repeated measure ANOVAs for intragroup comparisons. Due to multiple testing, a Bonferroni correction was applied. To examine whether learning effects within a sub-sample were dependent or independent from membership in one of the 12 school classes, we calculated a corrected contingency coefficient C_{corr} for the association between the two nominal variables of group affiliation.

4. Results

4.1. Cognitive Achievement within the Learning Module (RQ1)

First, we examined the knowledge score change for the entire knowledge test (Figure 2). The repeated-measures ANOVA with a Huynh-Feldt correction revealed a significant difference between the three test times, $F(1.91, 388.63) = 108.20$, $p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.35$. On average, students answered 11.48 (SD = 3.45) questions correctly in the pre-test, 15.21 (SD = 3.66) in the post-test and 14.13 (SD = 4.41) in the retention test. The maximum score achieved was 21 at T0, 22 at T1 and 23 at T2. A Bonferroni-adjusted post-hoc analysis revealed a significant increase of the mean knowledge scores from T0 to T1 (MD = 3.72, $p < 0.001$) and a decrease from T1 to T2 (MD = -1.04, $p = 0.001$). Knowledge scores at T2 remained higher than pre-knowledge scores (MD = 2.69, $p < 0.001$). An analysis of the test-retest group mean knowledge scores for all test times revealed no significant results, $F(2,6) = 3.65$, $p = 0.09$. Thus, we assume that the learning effects caused by the repeated application of the knowledge questionnaire can be precluded. Additionally, unpaired t -tests with a Bonferroni correction revealed no statistically significant difference between the treatment group and the test-retest group at T0, $t(238) = 0.55$, $p = 0.585$. At T1 and T2 there was a significant difference between the groups, T1: $t(40.86) = 5.51$, $p < 0.001$; T2: $t(238) = 3.36$, $p = 0.003$.

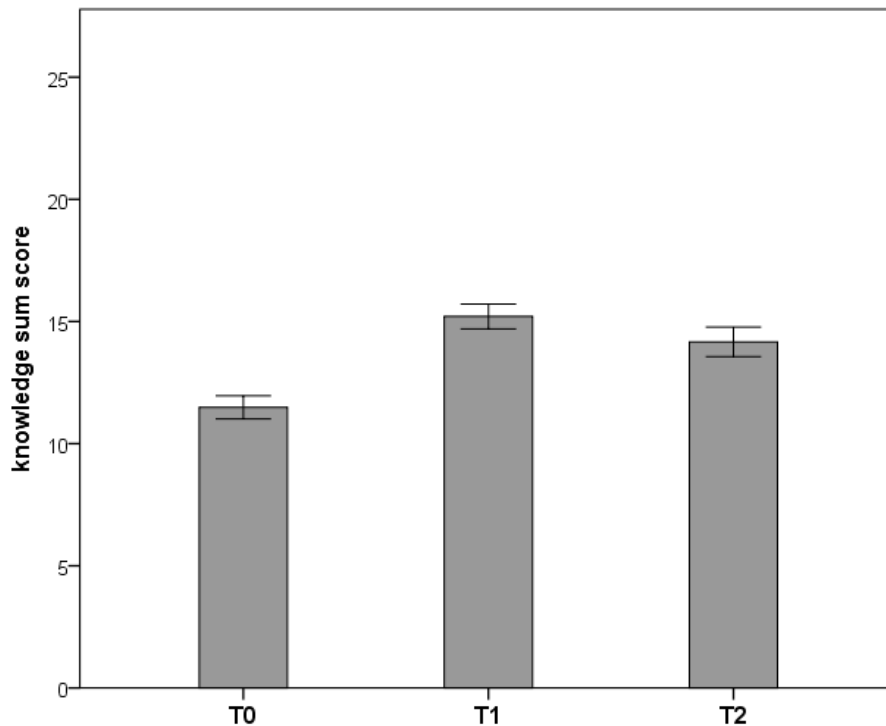


Figure 2. The knowledge sum scores for the whole module at all test times; $N = 205$; error bars show 95% CI.

Second, we analyzed the knowledge change for all sub-modules separately (Figure 3). Repeated measure ANOVAs for all knowledge fields revealed significant knowledge sum score differences between the measurements (ecosystem services: $F(2,408) = 42.51$, $p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.17$; DNA barcoding: $F(1.95, 397.63) = 25.05$, $p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.09$; species identification: $F(2,406) = 44.68$, $p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.18$; biodiversity threats: $F(2,408) = 53.15$, $p < 0.001$, partial $\eta^2 = 0.21$). We observed a knowledge decrease between T0 and T1 for all knowledge fields and a moderate knowledge decrease between T1 and T2 for the knowledge fields “ecosystem services” and “species identification” (Table 2). The decrease within the field “biodiversity threats” was not significant. Moreover, we found a further knowledge increase from T1 to T2 within the knowledge field “DNA barcoding”. We investigated this effect for the test-retest group, who did not participate in the intervention. The repeated measure ANOVA determined no significant differences between the measurements, $F(2,68) = 1.81$, $p = 0.172$.

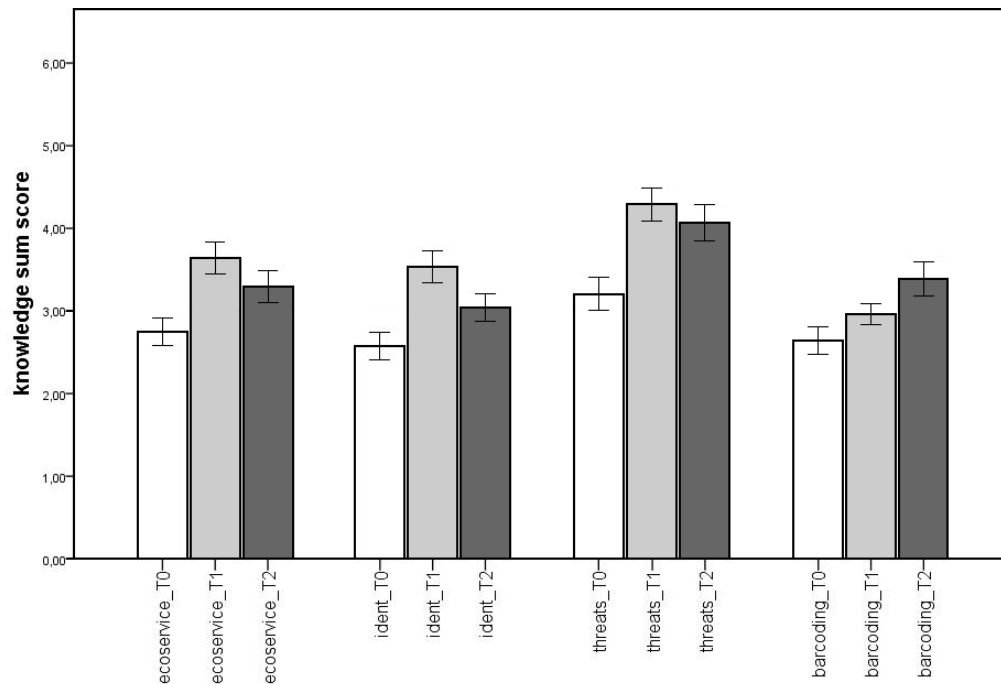


Figure 3. The knowledge sum scores of the knowledge fields of the four sub-modules at the three test times; T0: pre-test; T1: post-test; T2: retention test; ecoservice: knowledge on ecosystem services; ident: species knowledge about soil organisms; threats: knowledge on threats to biodiversity; barcoding: knowledge on DNA barcoding; N = 205; error bars show 95% CI.

Table 2. The results of the Bonferroni-adjusted post-hoc analysis of the repeated measure ANOVA for the knowledge scores within the four sub-modules; N = 205.

Sub-module	Knowledge Differences between Test Times					
	T1-T0		T2-T1		T2-T0	
	MD	p	MD	p	MD	p
ecosystem services	0.89	< 0.001	- 0.35	0.001	0.54	< 0.001
DNA barcoding	0.33	0.005	0.41	0.002	0.74	< 0.001
species identification	0.96	< 0.001	- 0.48	< 0.001	0.47	< 0.001
biodiversity threats	1.06	< 0.001	- 0.21	n.s.	0.85	< 0.001

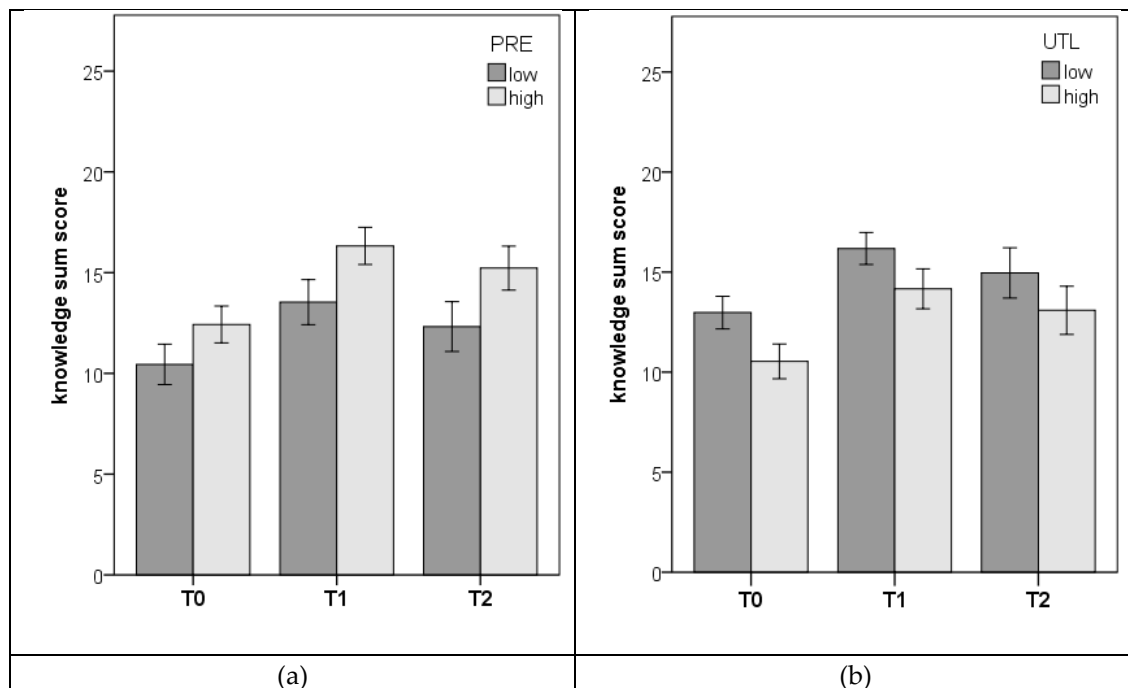
4.2. Relation between Knowledge and Environmental Values (RQ2)

The initial step in evaluating the relationship between the participants' knowledge acquisition and the environmental values was a correlation analysis. With the Bonferroni correction applied, preservation correlated positively with the knowledge scores of all test times, whereas utilization showed negative correlations with knowledge. The appreciation scores were positively correlated with the knowledge scores of the retention test (Table 3).

Table 3. Pearson correlation between the knowledge scores and 2-MEV and APR. UTL: utilization; PRE: preservation; APR: appreciation. Bonferroni corrected p values: * $p \leq 0.006$; ** $p \leq 0.001$; *** $p \leq 0.0001$.

knowledge	T0	T1	T2
UTL			
r	-0.272***	-0.249**	-0.220*
p	< 0.0001	< 0.0001	0.002
PRE			
r	0.214*	0.264**	0.280***
p	0.003	< 0.0001	< 0.0001
APR			
r	0.066	0.180	0.287***
p	n.s.	n.s.	< 0.0001

In a second step, we compared the cognitive achievement of students with low or high environmental values (Figure 4a-c). At T0 and T1, students with high utilization preferences ($n = 67$) showed significantly lower knowledge scores than students with low utilization values ($n = 45$); T0: MD = 2.44, 95%-CI [1.20, 3.68], $t(110) = 3.90$, $p < .001$; T1: MD = 2.01, 95%-CI [0.75, 3.30], $t(109.92) = 3.15$, $p = .006$; T2: $t(110) = 2.10$, $p = .12$. At all test times, students scoring high on preservation ($n = 49$) showed significantly higher knowledge scores than students with low preservation preferences ($n = 56$); T0: MD = 1.98, 95%-CI [0.63, 3.34], $t(103) = 2.90$, $p = .015$, T1: MD = 2.79, 95%-CI [1.33, 4.30], $t(103) = 3.80$, $p < .001$; $t(102.70) = 3.53$, $p = 0.003$, T2: MD = 2.90, 95%-CI [1.27, 4.54], $t(102.70) = 3.53$, $p = 0.003$. Only at T2, participants with high ($n = 44$) appreciation preferences scored significantly higher than students from the lower quartile group ($n = 56$); T0: $t(98) = 1.13$, $p = .786$; T1: $t(98) = 1.13$, $p = .786$; T2: MD = 3.34, 95%-CI [1.58, 5.10], $t(89) = 3.80$, $p < 0.001$.



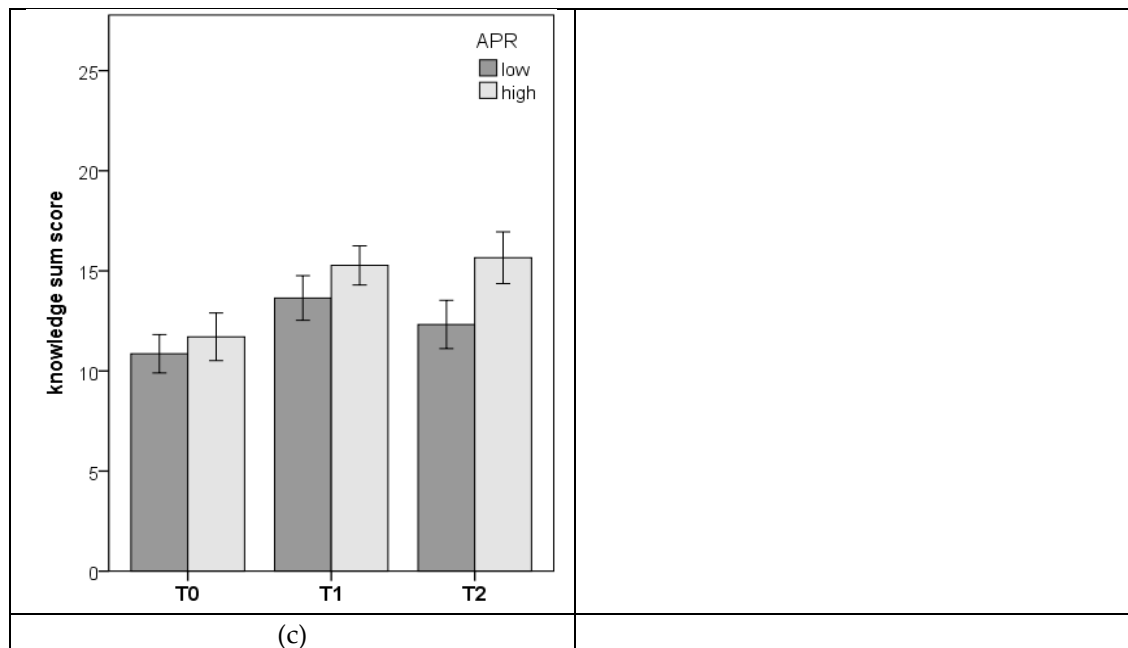


Figure 4. (a) The knowledge sum scores for all test times classified after participants' affiliation to the upper or lower quartile of the variable utilization (UTL). Low: mean score ≤ 1.57 , high: mean score ≥ 2.0 . Error bars show 95% CI. (b) The knowledge sum scores for all test times classified after participants' affiliation to the upper or lower quartile of the variable preservation (PRE). Low: mean score ≤ 3.29 , high: mean score ≥ 4.14 . Error bars show 95% CI. (c) The knowledge sum scores for all test times classified after participants' affiliation to the upper or lower quartile of the variable appreciation. Low: mean score ≤ 1.86 , high: mean score ≥ 2.86 . Error bars show 95% CI.

In a final step, we compared the upper quartile groups of the variables utilization and preservation, which we refer to as “utilizers” and “preservers” (Figure 5). With the Bonferroni correction applied, “Preservers” showed significantly higher knowledge scores at T0 ($MD = 2.21$, $t(100) = 3.19$, $p = 0.006$), T1 ($MD = 2.48$, $t(100) = 3.19$, $p = 0.006$) and T2 ($MD = 2.50$, $t(99,94) = 2.93$, $p = 0.012$).

4.4. Characteristics and Results of the Sub-sample with Knowledge Increase at T2

As stated above, when analyzing the knowledge scores for all sub-modules separately, we found a significant knowledge increase from T1 (post-test) to T2 (retention test) within the sub-module DNA barcoding. Further analysis of this unexpected result revealed that a sub-group of $n = 103$ students showed higher knowledge scores at T2 compared to T1. This sub-sample is almost equally composed of girls and boys (49.5% female). For reasons of simplicity, we will refer to this sub-group as “students with knowledge increase at T2”, although this knowledge increase only applies to the sub-module DNA barcoding. To examine a potential relation between membership in one of the 12 school classes involved and belonging to the sub-samples of students with knowledge increase at T2, a contingency analysis showed no significant relation between the nominal variables “school class” and “sub-sample”, $C_{corr} = 0.199$, $p = 0.895$.

To further characterize the sub-sample, we compared the 2-MEV and APR mean scores between the two sub-samples: the student group who increased their knowledge on DNA Barcoding at T2 ($n = 103$) and the students who did not show this effect ($n = 102$). Students with a knowledge increase at T2, APR with a medium size effect, APR: 95%-CI [0.14,0.58], $t(185) = 3.20$, $p = .006$, $d = 0.47$. With the Bonferroni correction applied, we found no significant differences between the sub-samples for the environmental values PRE and UTL, PRE: 95%-CI [0.01,0.32], $t(193) = 2.09$, $p = 0.114$, UTL: 95%-CI [-0.16,0.09], $t(195) = 0.58$, $p = 1$ (Figure 6).

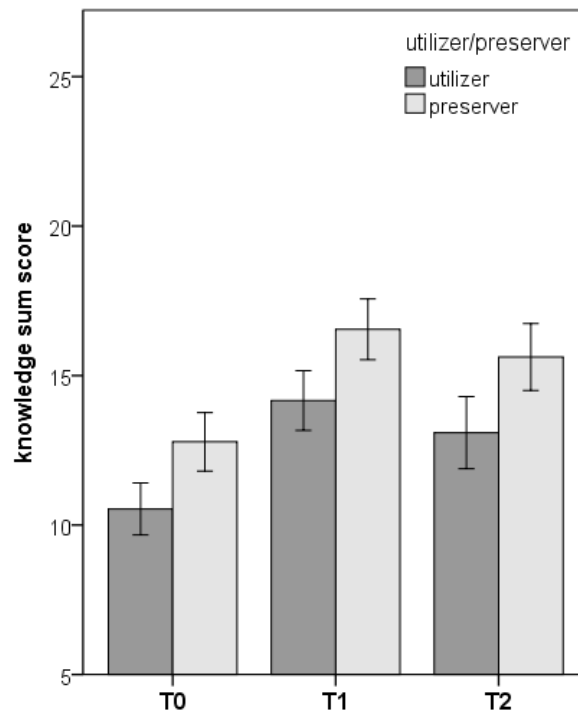


Figure 5. The knowledge sum scores for all test times classified after participants' affiliation to the upper quartile of the variables preservation (preserver; mean score ≥ 4.14) and utilization (utilizer; mean score ≥ 2.0). Error bars show 95% CI.

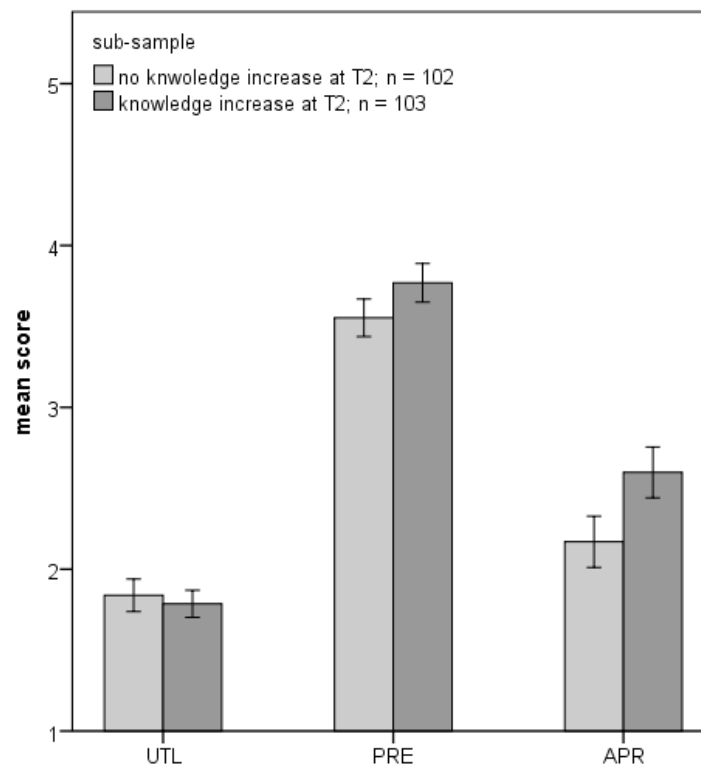


Figure 6. The mean score differences in the environmental values of the two sub-samples formed; no increase at T2: students who did not show a knowledge increase between T1 and T2 in the sub-module DNA barcoding; increase at T2: students who showed a knowledge increase between T1 and T2 in the sub-module DNA barcoding. N = 205; error bars show 95% CI.

5. Discussion

Our educational approach significantly improved students' environmental knowledge on biodiversity. Regarding biodiversity loss, our results are promising: even short-term education modules may effectively increase short-term as well as long-term knowledge on biodiversity and sensitize students to biodiversity conservation. As expected, knowledge scores dropped moderately after six weeks but remained well above the pre-knowledge level. This pattern is consistent with earlier studies assessing environmental knowledge acquisition using different instructional approaches and within various learning environments. For instance, Schumm and Bogner [65] evaluated a three-lesson classroom module, which engaged students in eight learning stations on the topic of renewable energies. Following a similar testing schedule with three test times, they found a short-term knowledge gain directly after module participation and a moderate knowledge drop after six weeks. Similar results were reported by Schönfelder and Bogner [66], who compared the effects of a computer-mediated and an outreach learning approach on environmental knowledge acquisition concerning bees. Fančovičová and Prokop [67] reported persistent knowledge gain on plants even three months after participation in an outdoor intervention. Furthermore, knowledge levels measured six

weeks after participation in student-centered educational programs may be interpreted as long-term knowledge because they have shown to be persistent. Schmid and Bogner [68], for instance, observed students' cognitive performance in a short-term educational intervention on the topic "the sense of hearing" at four test times: two weeks before, directly after, six weeks after, twelve weeks after participation. The knowledge levels followed the above-mentioned pattern constant at the six-week level. Additionally, Marth and Bogner [69] evaluated cognitive achievement within an educational module on bionics using the same time frame but adding another test time after one year. Even after one year, the knowledge scores remained at the six-week level.

Furthermore, our findings confirm previous studies showing an association between environmental values and knowledge acquisition. Consistent with Dieser and Bogner [70], we found a positive linear relation between overall knowledge scores and PRE as well as APR and negative correlations with UTL at all test times. The negative correlation between UTL and knowledge suggests that higher utilization scores lead to a lower cognitive achievement. This assumption has already been made by Liefänder and Bogner [71]. They assume a measurement bias, for example a ceiling effect, to be responsible for the missing linear relation between knowledge acquisition and PRE. Roczen et al. [46] already postulated positive relations between appreciation towards nature and environmental knowledge in a pro-environmental competence model.

Additionally, the comparison between the knowledge levels of the extreme groups (upper and lower quartile students of the environmental value variables) further support our assumptions. Students with high utilization preferences showed lower pre- and post-knowledge levels than participants with low utilization values. The effect was not significant in the retention test. In the long term, students holding high utilization scores were able to catch up on the advantage of the lower quartile students. In comparison, high preservation preferences determined higher knowledge scores at all test times. Students already holding higher pre-knowledge scores maintained their lead over students with low preservation scores throughout the intervention. An effect of high appreciation scores only became significant in the retention test. Students with lower appreciation scores retained significantly less knowledge than the participants holding higher appreciation values. The comparison between the two extreme groups "preservers" and "utilizers" also revealed lower learning outcomes for students with high utilization preferences. "Preservers" did already show higher pre-knowledge scores, and the differences in cognitive achievement increased throughout the test times. We cannot draw causal relationships from our analysis, but the results indicate that students with high PRE and APR preferences may perform better on environmental learning topics than students with high utilization preferences. This assumed performance gap will especially become observable in the long-term view. Nevertheless, all participating students have shown knowledge gain through the

participation in our learning module, and the effect of utilization preferences on cognitive achievement decreased slightly from T0 to T2. We assume that the focus on both the preservation and the sustainable use of the forest ecosystem was appealing to students with preservation as well as utilization preferences. We can only assume from the decreasing effect of utilization on the post- and retention-knowledge and the effect of appreciation on the knowledge retention, that our learning module fostered an appreciative use of the ecosystem services provided by forests. However, it is a limitation of our study that we did not measure the environmental values throughout all test times.

One unanticipated and somewhat surprising result was that a sub-sample of $n = 103$ out of $N = 205$ students increased their knowledge scores on DNA barcoding from T1 (post-test) to T2 (retention test). As stated above, knowledge scores in intervention studies with a pre-post-retention design usually follow a pattern characterized by an increase in knowledge scores at T1 which drops moderately at T2. In a study by Sturm and Bogner [72] comparing student-centered with teacher-centered learning approaches, two of three treatment groups showed no statistical knowledge decrease at T2. The scores remained at the T1 level. Scharfenberg et al. [73] reported a knowledge increase within a control group which did not participate in an intervention and discussed potential reasons for this finding. Based on the assumptions by Scharfenberg et al., we can rule out some potential explanations of our findings and possible bias of the data.

First, we suspected a bias caused by the questionnaire. We found no significant knowledge score increase between the test times in the test-retest group. They completed all the three questionnaires within the same time frame as the study group but did not participate in the module. We can, therefore, exclude, that knowledge increase at T2 was caused by learning effects due to repeated confrontation with the questionnaire.

Second, an external influence caused by media reports may have led to the observed effect. In their study on students' attitudes towards gene technology, Schweiger and Brosius [74] assumed media coverage on cloning trials to have affected control group results. To our knowledge, there was no specific incident that was related to the topic and that was reported by the media when the study took place. There were two months between the retention test of the first and that of the last participating school class. An event influencing students within all classes should have been explosive news of high media coverage over a long period of time. We also think that such an event would have affected more than half of the participating students as well as the test-retest group. Even if it seems very unlikely, we cannot completely rule out this potential influence, and a statistical verification is not feasible.

A third plausible explanation for the improved cognitive achievement at T2 would be that teachers consciously or unconsciously biased the results. Though they were asked not to further deal with the topic until the completion of the study, it seems quite likely that the teachers prepared the content of the questions with their individual classes for the upcoming retention test or for an internal exam. Teachers might have done follow-up work after the intervention, either to close the topic or to improve their students' performance in the study. A contingency analysis revealed no significant association between the sub-groups and the membership in a school class. Students who increased their knowledge on DNA barcoding from T1 to T2 are spread among the twelve participating school classes. We think it is not very likely that all teachers prepared their classes and that only some students in every class profited from the preparation. In addition, if teachers had done a follow-up of the intervention, they would have covered all sub-modules. We could only find the learning effect at T2 for the contents of the DNA barcoding sub-module. In summary, we can quite certainly exclude a learning effect biased by the teachers.

Taking the above-mentioned possibilities into account, we assume that the knowledge increase of one sub-group of our sample can be quite likely attributed to the students themselves. It seems possible that the respective students dealt voluntarily with the contents after project participation. Since performance improved on the topic of DNA barcoding only, it might be related to the citizen science activity. The activity may have influenced students' interest and curiosity for the topic. DNA barcoding is not a curricular topic, and the participating students most probably never heard of it before participating in the intervention. An aspect that might have influenced students' curiosity could be that they were still awaiting the DNA barcoding results of their samples when they completed the retention test. Hiller and Kitsantas [42] have already reported positive impacts of a one-day CS activity on students' interest. The effects of CS projects on students' interest development might be a promising aspect to be considered by further research in the field of CS in formal educational contexts.

Surprisingly, the sub-group with a knowledge increase at T2 differs from the rest of the sample in showing higher APR values. The effect for PRE was not considered significant due to the Bonferroni correction, but a tendency towards higher PRE scores was observable. As Schumm and Bogner [75] assumed, students with positive, biocentric attitudes towards the environment might be more willing and motivated to learn when lessons deal with environmental topics. The focus on biodiversity conservation and the citizen science activity might have been more appealing to those students already holding higher pro-environmental values, leading to an interest and higher engagement in learning even beyond the participation in our module.

6. Conclusions

As the general public still tends to show a rather low awareness for biodiversity, educational efforts to foster responsible citizenship and to engage more people in biodiversity conservation are needed. With our innovative short-term intervention, including a citizen science approach in an educational module, we could successfully achieve long-term knowledge gain on the topic of biodiversity conservation. Our study once again highlights the importance of considering the impact of environmental values on students' cognitive achievement in EE and ESD approaches. Due to our study design, we cannot draw conclusions on the potential effect of the citizen science activity as such, since overall learning effects are presumably caused by the educational materials provided. However, our findings indicate that students with higher pro-environmental values benefit more from educational citizen science activities. Future studies need to investigate the potential benefits of citizen science in formal educational contexts in terms of knowledge acquisition and attitudinal change.

Author Contributions: conceptualization, J.S.; data curation, J.S.; formal analysis, J.S.; funding acquisition, F.X.B.; investigation, J.S.; methodology, J.S. and F.X.B.; project administration, F.X.B.; resources, F.X.B.; software, F.X.B.; supervision, F.X.B.; visualization, J.S.; writing—original draft, J.S.; writing—review and editing, F.X.B. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research was funded by the 'Qualitätsoffensive Lehrerbildung' program of the German Federal Ministry of Education and Research (BMBF) under grant agreement no. 01JA160. The APC was funded by the German Research Foundation (DFG) and the University of Bayreuth in the funding program Open Access Publishing under grant agreement no. LA 2159/8-6. The funders had no role in the design of the study, in the collection, analyses, or interpretation of data, in the writing of the manuscript, or in the decision to publish the results. This article reflects only the authors' views. The BMBF and the DFG are not liable for any use that might be made of the information contained herein.

Acknowledgments: The authors would like to thank all participating students and their teachers for their time and effort. We are grateful to G. Haszprunar, J. Spelda, J. Morinière and A. Hausmann at the Bavarian State Collection of Zoology (ZSM) for their collaboration within the citizen science project.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflict of interest.

References

1. Johnson, C.N.; Balmford, A.; Brook, B.W.; Buettel, J.C.; Galetti, M.; Guangchun, L.; Wilmschurst, J.M. Biodiversity losses and conservation responses in the Anthropocene. *Science* **2017**, *356*, 270–275.

2. Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services, IPBES. Summary for Policymakers of the Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. 2019. Available online: https://zenodo.org/record/3553579/files/ipbes_global_assessment_report_summary_for_policymakers.pdf (accessed on 10 January 2020).
3. Waters, C.N.; Zalasiewicz, J.; Summerhayes, C.; Barnosky, A.D.; Poirier, C.; Gałuszka, A.; Cearreta, A.; Edgeworth, M.; Ellis, E.C.; Ellis, M.; et al. The Anthropocene is functionally and stratigraphically distinct from the Holocene. *Science* **2016**, *351*, aad2622, doi:10.1126/science.aad2622.
4. Samways, M.J. Translocating fauna to foreign lands: Here comes the Homogenocene. *J. Insect Conserv.* **1999**, *3*, 65–66.
5. Lin, D.; Hanscom, L.; Murthy, A.; Galli, A.; Evans, M.; Neill, E.; Mancini, M.; Martindill, J.; Medouar, F.-Z.; Huang, S.; et al. Ecological Footprint Accounting for Countries: Updates and Results of the National Footprint Accounts, 2012–2018. *Resources* **2018**, *7*, 58, doi:10.3390/resources7030058.
6. Venter, O.; Sanderson, E.W.; Magrath, A.; Allan, J.R.; Behr, J.; Jones, K.R.; Possingham, H.P.; Laurance, W.F.; Wood, P.; Fekete, B.M.; et al. Sixteen years of change in the global terrestrial human footprint and implications for biodiversity conservation. *Nat. Commun.* **2016**, *7*, 12558, doi:10.1038/ncomms12558.
7. Global Footprint Network. Open Data Platform. Available online: http://data.footprintnetwork.org/?_ga=2.76595989.1047388169.1578911331-1274720262.1578759986#/ (accessed on 13 January 2020).
8. Cardinale, B.J.; Duffy, J.E.; Gonzalez, A.; Hooper, D.U.; Perrings, C.; Venail, P.; Narwani, A.; MacE, G.M.; Tilman, D.; Wardle, D.A.; et al. Biodiversity loss and its impact on humanity. *Nature* **2012**, *486*, 59–67, doi:10.1038/nature11148.
9. Ehrlich, P.R.; Pringle, R.M. Where does biodiversity go from here? A grim business-as-usual forecast and a hopeful portfolio of partial solutions. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **2008**, *105*, 11579–11586, doi:10.1073/pnas.0801911105.
10. Buijs, A.E.; Fischer, A.; Rink, D.; Young, J.C. Looking beyond superficial knowledge gaps: Understanding public representations of biodiversity. *Int. J. Biodivers. Sci. Manag.* **2008**, *4*, 65–80, doi:10.3843/Biodiv.4.2.
11. European Commission. *Special Eurobarometer 436—Attitudes of Europeans towards Biodiversity*; European Commission: Brussels, Belgium, 2015.
12. Hunter, L.M.; Brehm, J. Qualitative Insight into Public Knowledge of, and Concern with, Biodiversity. *Hum. Ecol.* **2003**, *31*, 309–320.
13. Lindemann-Matthies, P.; Bose, E. How Many Species Are There? Public Understanding and Awareness of Biodiversity in Switzerland. *Hum. Ecol.* **2008**, *36*, 731–742, doi:10.1007/s10745-008-9194-1.
14. Schneiderhan-Opel, J.; Bogner, F.X. Between Environmental Utilization and Protection: Adolescent Conceptions of Biodiversity. *Sustainability* **2019**, *11*, 4517, doi:10.3390/su11174517.
15. Gayford, C. Biodiversity Education: A teacher's perspective. *Env. Educ. Res.* **2000**, *6*, 347–361, doi:10.1080/713664696.
16. Bermudez, G.M.A.; Lindemann-Matthies, P. “What Matters Is Species Richness” —High School Students' Understanding of the Components of Biodiversity. *Res. Sci. Educ.* **2018**, 1–29.
17. Kassas, M. Environmental Education: Biodiversity. *Environmentalist* **2002**, *22*, 345–351, doi:10.1023/A:1020766914456.
18. Secretariat of the Convention on Biological Diversity. *The Convention on Biological Diversity From Conception to Implementation. CBD News Special Edition*; Secretariat of the Convention on Biological Diversity: Montreal, QC, Canada, 2004.
19. van Weelie, D.; Wals, A. Making biodiversity meaningful through environmental education. *Int. J. Sci. Educ.* **2002**, *24*, 1143–1156, doi:10.1080/09500690210134839.

20. Menzel, S.; Bögeholz, S. The Loss of Biodiversity as a Challenge for Sustainable Development: How Do Pupils in Chile and Germany Perceive Resource Dilemmas? *Res. Sci. Educ.* **2008**, *39*, 429–447, doi:10.1007/s11165-008-9087-8.
21. Ratcliffe, M.; Grace, M. *Science Education for Citizenship: Teaching Socio-Scientific Issues*; Open University Press: Maidenhead, UK, 2003.
22. Grace, M. Teaching citizenship through science: Socio-scientific issues as an important component of citizenship. *Prospero* **2006**, *12*, 42–53.
23. Filho, W.L.; Castro, P.; Bacelar-Nicolau, P.; Azul, A.M.; Azeiteiro, U.M. Biodiversity and Education for Sustainable Development (ESD): Tendencies and Perspectives. In *Biodiversity and Education for Sustainable Development*; Castro, P., Azeiteiro, U.M., Bacelar-Nicolau, P., Leal Filho, W., Azul, A.M., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2016; pp 1–10. ISBN 978-3-319-32317-6.
24. Navarro-Perez, M.; Tidball, K.G. Challenges of Biodiversity Education: A Review of Education Strategies for Biodiversity Education. *Int. Electron. J. Environ. Educ.* **2012**, *2*, 13–30.
25. Schneiderhan-Opel, J.; Bogner, F.X. FutureForest—Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom. *Am. Biol. Teacher* **2020**, *82*, in press.
26. Dickinson, J.L.; Shirk, J.; Bonter, D.; Bonney, R.; Crain, R.L.; Martin, J.; Phillips, T.; Purcell, K. The current state of citizen science as a tool for ecological research and public engagement in a nutshell. *Front. Ecol.* **2012**, doi:10.1890/110236.
27. Follett, R.; Strezov, V. An Analysis of Citizen Science Based Research: Usage and Publication Patterns. *PLoS ONE* **2015**, *10*, e0143687.
28. McKinley, D.C.; Miller-Rushing, A.J.; Ballard, H.L.; Bonney, R.; Brown, H.; Cook-Patton, S.C.; Evans, D.M.; French, R.A.; Parrish, J.K.; Phillips, T.B.; et al. Citizen science can improve conservation science, natural resource management, and environmental protection. *Biol. Conserv.* **2017**, *208*, 15–28, doi:10.1016/j.biocon.2016.05.015.
29. Shirk, J.L.; Ballard, H.L.; Wilderman, C.C.; Phillips, T.; Wiggins, A.; Jordan, R.; McCallie, E.; Minarchek, M.; Lewenstein, B.V.; Krasny, M.E.; et al. Public Participation in Scientific Research. *Ecol. Soc.* **2012**, *17*, 20.
30. Wiggins, A.; Crowston, K. From Conservation to Crowdsourcing: A Typology of Citizen Science. *IEEE* **2011**, 1–10, doi:10.1109/HICSS.2011.207.
31. Kullenberg, C.; Kasperowski, D. What Is Citizen Science?—A Scientometric Meta-Analysis. *PLoS ONE* **2016**, *11*, e0147152.
32. Pocock, M.J.O.; Chandler, M.; Bonney, R.; Thornhill, I.; Albin, A.; August, T.; Bachman, S.; Brown, P.M.J.; Cunha, D.G.F.; Grez, A.; et al. Chapter Six—A Vision for Global Biodiversity Monitoring With Citizen Science. In *Next Generation Biomonitoring: Part 2*; Bohan, D.A., Dumbrell, A.J., Woodward, G., Jackson, Michelle B.T., Eds.; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2018; pp 169–223. ISBN 0065-2504.
33. Chandler, M.; See, L.; Copas, K.; Bonde, A.M.Z.; López, B.C.; Danielsen, F.; Legind, J.K.; Masinde, S.; Miller-Rushing, A.J.; Newman, G.; et al. Contribution of citizen science towards international biodiversity monitoring. *Biol. Conserv.* **2017**, *213*, 280–294, doi:10.1016/j.biocon.2016.09.004.
34. Amano, T.; Lamming, J.D.L.; Sutherland, W.J. Spatial Gaps in Global Biodiversity Information and the Role of Citizen Science. *BioScience* **2016**, *66*, 393–400, doi:10.1093/biosci/biw022.
35. Theobald, E.J.; Ettinger, A.K.; Burgess, H.K.; DeBey, L.B.; Schmidt, N.R.; Froehlich, H.E.; Wagner, C.; HilleRisLambers, J.; Tewksbury, J.; Harsch, M.A.; et al. Global change and local solutions: Tapping the unrealized potential of citizen science for biodiversity research. *Biol. Conserv.* **2015**, *181*, 236–244, doi:10.1016/j.biocon.2014.10.021.
36. Bonney, R.; Cooper, C.B.; Dickinson, J.; Kelling, S.; Phillips, T.; Rosenberg, K.V.; Shirk, J. Citizen Science: A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy. *BioScience* **2017**, *59*, 977–984, doi:10.1525/bio.2009.59.11.9.
37. Wals, A.E.J.; Brody, M.; Dillon, J.; Stevenson, R.B. Convergence Between Science and Environmental Education. *Science* **2014**, *344*, 583–584, doi:10.1126/science.1250515.

38. Peter, M.; Diekötter, T.; Kremer, K. Participant Outcomes of Biodiversity Citizen Science Projects: A Systematic Literature Review. *Sustainability* **2019**, *11*, 2780, doi:10.3390/su11102780.
39. Jordan, R.C.; Gray, S.A.; Howe, D.V.; Brooks, W.R.; Ehrenfeld, J.G. Knowledge gain and behavioral change in citizen-science programs. *Conserv. Biol.* **2011**, *25*, 1148–1154.
40. Kelemen-Finan, J.; Scheuch, M.; Winter, S. Contributions from citizen science to science education: An examination of a biodiversity citizen science project with schools in Central Europe. *Int. J. Sci. Educ.* **2018**, *40*, 2078–2098, doi:10.1080/09500693.2018.1520405.
41. Shah, H.R.; Martinez, L.R. Current Approaches in Implementing Citizen Science in the Classroom. *J. Microbiol. Biol. Educ.* **2016**, *17*, 17–22, doi:10.1128/jmbe.v17i1.1032.
42. Hiller, S.E.; Kitsantas, A. The Effect of a Horseshoe Crab Citizen Science Program on Middle School Student Science Performance and STEM Career Motivation. *School Sci. Math.* **2014**, *114*, 302–311, doi:10.1111/ssm.12081.
43. Kaiser, F.G.; Roczen, N.; Bogner, F.X. Competence formation in environmental education: Advancing ecology-specific rather than general abilities. *Umweltpsychologie* **2008**, *12*, 56–70.
44. Bord, R.J.; O'Connor, R.E.; Fisher, A. In what sense does the public need to understand global climate change? *Public Underst. Sci.* **2000**, *9*, 205–218, doi:10.1088/0963-6625/9/3/301.
45. Hogan, K. Small groups' ecological reasoning while making an environmental management decision. *J. Res. Sci. Teach.* **2002**, *39*, 341–368, doi:10.1002/tea.10025.
46. Roczen, N.; Kaiser, F.G.; Bogner, F.X.; Wilson, M. A Competence Model for Environmental Education. *Environ. Behav.* **2014**, *46*, 972–992, doi:10.1177/0013916513492416.
47. Bogner, F.X.; Wiseman, M. Toward Measuring Adolescent Environmental Perception. *Eur. Psychol.* **1999**, *4*, 139–151.
48. Wiseman, M.; Bogner, F.X. A higher-order model of ecological values and its relationship to personality. *Personal. Individ. Differ.* **2003**, *34*, 783–794, doi:10.1016/S0191-8869(02)00071-5.
49. Borchers, C.; Boesch, C.; Riedel, J.; Guilahoux, H.; Ouattara, D.; Randler, C. Environmental Education in Côte d'Ivoire/West Africa: Extra-Curricular Primary School Teaching Shows Positive Impact on Environmental Knowledge and Attitudes. *Int. J. Sci. Educ. Part B* **2014**, *4*, 240–259, doi:10.1080/21548455.2013.803632.
50. Johnson, B.; Manoli, C.C. The 2-MEV scale in the United States: A measure of children's environmental attitudes based on the theory of ecological attitude. *J. Environ. Educ.* **2010**, *42*, 84–97.
51. Milfont, T.L.; Duckitt, J. The structure of environmental attitudes: A first- and second-order confirmatory factor analysis. *J. Environ. Psychol.* **2004**, *24*, 289–303, doi:10.1016/j.jenvp.2004.09.001.
52. Bogner, F.X.; Wiseman, M. Environmental Perspectives of Danish and Bavarian Pupils: Towards a methodological framework. *Scand. J. Educ. Res.* **1997**, *41*, 53–71, doi:10.1080/0031383970410104.
53. Bogner, F.X.; Wiseman, M. Environmental perception of French and some Western European secondary school students. *Eur. J. Psychol. Educ.* **2002**, *17*, 3–18, doi:10.1007/BF03173201.
54. Rokeach, M. Beliefs, attitudes and values; a theory of organization and change; Jossey-Bass: Francisco, CA, USA, 1968.
55. Bogner, F.X. Environmental Values (2-MEV) and Appreciation of Nature. *Sustainability* **2018**, *10*, 350, doi:10.3390/su10020350.
56. Kibbe, A.; Bogner, F.X.; Kaiser, F.G. Exploitative vs. appreciative use of nature—Two interpretations of utilization and their relevance for environmental education. *Stud. Educ. Eval.* **2014**, *41*, 106–112, doi:10.1016/j.stueduc.2013.11.007.
57. Brügger, A.; Kaiser, F.G.; Roczen, N. One for All? *Eur. Psychol.* **2011**, *16*, 324–333, doi:10.1027/1016-9040/a000032.
58. Boeve-de Pauw, J.; van Petegem, P. The Effect of Flemish Eco-Schools on Student Environmental Knowledge, Attitudes, and Affect. *Int. J. Sci. Educ.* **2011**, *33*, 1513–1538, doi:10.1080/09500693.2010.540725.
59. Fremerey, C.; Bogner, F.X. Cognitive learning in authentic environments in relation to green attitude preferences. *Stud. Educ. Eval.* **2015**, *44*, 9–15, doi:10.1016/j.stueduc.2014.11.002.

60. Thorn, C.; Bogner, F. How Environmental Values Predict Acquisition of Different Cognitive Knowledge Types with Regard to Forest Conservation. *Sustainability* **2018**, *10*, 2188, doi:10.3390/su10072188.
61. Hebert, P.D.N.; Cywinska, A.; Ball, S.L.; DeWaard, J.R. Biological identifications through DNA barcodes. *Proc. Biol. Sci.* **2003**, *270*, 313–321, doi:10.1098/rspb.2002.2218.
62. Deci, E.L.; Vallerand, R.J.; Pelletier, L.G.; Ryan, R.M. Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educ. Psychol.* **1991**, *26*, 325–346, doi:10.1080/00461520.1991.9653137.
63. Cook, T.D.; Campbell, D.T.; Shadish, W. *Experimental and Quasi-Experimental Designs for Generalized Causal Inference*; Houghton Mifflin: Boston, MA, USA, 2002. ISBN 0395615569.
64. Field, A. *Discovering Statistics Using SPSS*, 3rd. ed.; SAGE Publications, Inc: London, UK, 2009. ISBN 9781847879066.
65. Schumm, M.F.; Bogner, F.X. The impact of science motivation on cognitive achievement within a 3-lesson unit about renewable energies. *Stud. Educ. Eval.* **2016**, *50*, 14–21, doi:10.1016/j.stueduc.2016.06.002.
66. Schönfelder, M.L.; Bogner, F.X. Two ways of acquiring environmental knowledge: By encountering living animals at a beehive and by observing bees via digital tools. *Int. J. Sci. Educ.* **2017**, *39*, 723–741, doi:10.1080/09500693.2017.1304670.
67. Fančovičová, J.; Prokop, P. Plants have a chance: Outdoor educational programmes alter students' knowledge and attitudes towards plants. *Environ. Educ. Res.* **2011**, *17*, 537–551, doi:10.1080/13504622.2010.545874.
68. Schmid, S. Does Inquiry-Learning Support Long-Term Retention of Knowledge? *Int. J. Learn. Teach. Educ. Res.* **2015**, *10*, 51–70.
69. Marth, M.; Bogner, F.X. Does the issue of bionics within a student-centered module generate long-term knowledge? *Stud. Educ. Eval.* **2017**, *55*, 117–124, doi:10.1016/j.stueduc.2017.09.001.
70. Dieser, O.; Bogner, F.X. How individual environmental values influence knowledge acquisition of adolescents within a week-long outreach biodiversity module. *J. Glob. Res. Educ. Soc. Sci.* **2017**, *9*, 213–224.
71. Liefländer, A.K.; Bogner, F.X. Educational impact on the relationship of environmental knowledge and attitudes. *Environ. Educ. Res.* **2016**, *24*, 611–624, doi:10.1080/13504622.2016.1188265.
72. Sturm, H.; Bogner, F.X. Student-oriented versus Teacher-centred: The effect of learning at workstations about birds and bird flight on cognitive achievement and motivation. *Int. J. Sci. Educ.* **2008**, *30*, 941–959, doi:10.1080/09500690701313995.
73. Scharfenberg, F.-J.; Bogner, F.X.; Klautke, S. The suitability of external control-groups for empirical control purposes: A cautionary story in science education research. *The Electronic Journal for Research in Science & Mathematics Education* **2006**, *11*, 22–36.
74. Schweiger, W.; Brosius, H.-B. Von der 'Gentomate' zur Gentechnikakzeptanz. Eine Panelstudie zu Einstellungseffekten eines rollenden Genlabors an Gymnasien [From the 'gene tomato' to acceptance of gene technology. A panel study on effects of a mobile gene technology lab at secondary schools on attitudes.]; Gesellschaft für Strahlenschutzforschung: Neuherberg, Germany, 1999.
75. Schumm, M.F.; Bogner, F.X. How Environmental Attitudes Interact with Cognitive Learning in a Science Lesson Module. *Education Research International* **2016**, *2016*, 1–7, doi:10.1155/2016/6136527.

5.6. Teilarbeit D

Studies in Educational Evaluation, 2020, 66, 100892

How fascination for biology affects students' learning in a biodiversity citizen science project

Jennifer Schneiderhan-Opel^{1*}, Franz X. Bogner¹

¹Centre of Math & Science Education (Z-MNU), Department of Biology Education, University of Bayreuth, NW1, 95447 Bayreuth, Germany

*Correspondence: jennifer.schneiderhan@uni-bayreuth.de

How fascination for biology affects students' learning in a biodiversity citizen science project

Abstract

One way of engaging the public in major environmental issues, such as biodiversity loss, is citizen science. Up to now, the potential of implementing citizen science into formal learning environments has remained largely unconsidered. We engaged 276 German 10th graders in a collaborative citizen science project on DNA barcoding as part of a biodiversity education module. Our research focused on monitoring the relation between fascination for biology and students' cognitive performance. Following a pre-post-retention design, we measured content knowledge and fascination one week before, one week after, and six weeks after participation in the project. Our findings indicate fascination to be a variable positively related to science learning: in relation to their pre-knowledge scores, all students showed short-term knowledge gain. In the long-term, however, students with high fascination scores retained more knowledge than students with intermediate or low fascination scores.

Keywords: science fascination, long-term learning (tenacity), DNA barcoding, science motivation, interest, citizen science

1. Introduction

"Humans are driving one million species to extinction" (Tollefson 2019) – headlines like these went viral after the release of the IPBES' 2019 Global Assessment Report on Biodiversity and Ecosystem Services. Once again, the report highlighted the topicality of biodiversity loss and underlining the urgency for global action. Biodiversity threat has become a socioecological issue, which does not only concern scientists and policymakers but requires public involvement. A promising approach to trigger a sense of responsibility for ecological topics and foster responsible citizenship and environmental stewardship is citizen science. Defined as engagement and participation of volunteer laypersons in real scientific research, it is an increasingly used concept for ecological research (Dickinson, et al., 2010).

Citizen Science as an educational tool

Rising numbers of citizen science projects have led to increased interest in evaluating the impact of citizen science. While most research effort has been focusing on the scientific impact of citizen science projects, such as quality and validity of data collected by volunteers (Vitone, et al., 2016), an increasing amount of studies is concerned with the educational impact of citizen science (Bonney, et al., 2017). Considering the growing number of citizen science projects and related studies on their positive impacts, we regard citizen science as a feasible educational tool. However, we believe that the fruitful effects of citizen science, including its scientific, social, and educational impact, heavily depend on the authenticity of citizen science projects (Bonney, et al., 2014). The collection of authentic data and the actual contribution to real research processes is, therefore, a key element in our definition of educational citizen science.

The positive impact of citizen science on informal science learning and public understanding of science is already discussed in current research (e.g. Bonney, et al., 2016). For example, Brossard, Lewenstein, and Bonney (2005) reported a significant increase in volunteers' knowledge on ornithology after having participated in a project focused on bird nesting behavior. Jordan et al. (2011) also showed growth in participants' knowledge, in this case on invasive plant species. In addition to knowledge outcomes, Price and Lee (2013) monitored the positive impacts of a long-term citizen science project on participants' scientific attitudes and science literacy.

Citizen Science in the Classroom: *FutureForest*

In our project, called FutureForest (Schneiderhan-Opel & Bogner 2020), we included citizen science as an educational tool in a formal educational setting. The participating students were engaged in a DNA barcoding project. DNA barcoding is a method of genetic species identification (Hebert, et al., 2003). Short nucleotide sequences of marker genes function as so-called DNA barcodes (Hebert, et al., 2003). In the case of animals, fragments of the mitochondrial cytochrome c oxidase I (COI) have proved to be successful (Hebert et al., 2003). "Once a DNA barcode sequence is generated from an unidentified specimen, it can be matched to a database of barcode sequences derived from expert identified reference specimens" (Naaum, Frewin, & Hanner, 2013: 2). Thus, DNA barcoding strongly relies on the correct morphological identification of these reference specimens, also called voucher specimens (Collins & Cruickshank 2012). In very simple terms, this matching process is analogous to the use of Universal Product Codes, which make products at the supermarket scanners identifiable (Hebert, et al., 2003). Numerous studies demonstrate the remarkable success of the method (e.g. Morinière et al. 2016; Raupach, Hannig & Wägele, 2010; Smith & Fisher, 2009). Despite the benefits of the method, however, it must be noticed that the use of short, mitochondrial DNA sequences for

species identification cannot be guaranteed to be error-free and is discussed critically (Collins & Cruickshank 2012; Dasmahapatra & Mallet, 2006).

Within the FutureForest project, students contributed to a real research process by collecting forest soil samples to support the Barcoding Fauna Bavarica project (BFB, <https://www.barcoding-zsm.de/bfb>) of the Bavarian State Collection of Zoology in Munich (ZSM). Within the scope of the International Barcode of Life campaign (iBOL), BFB eventually aims to establish a digital library of DNA barcodes for all Bavarian fauna species (Morinière, et al., 2016). Soil organism species extracted from student's forest soil samples were sent to the ZSM, where they were sorted, photographed, and determined by DNA barcoding. The samples were matched with the international database The Barcode of Life Data Systems (BOLD) and contributed to an extension of the national DNA barcode library.

DNA barcoding is of high relevance for nature and species preservation because “[f]aunal monitoring is the most viable way to attest the general ecosystem health” (Morinière, et al., 2016: 2). Maintaining the health of ecosystems, in turn, is essential for biodiversity preservation (Hilty & Merenlender 2000). Therefore, we decided to integrate the citizen science activity into a biodiversity learning module that corresponds with the respective curriculum. The module focused on biodiversity, its value, as well as its conservation and covered preservation-related benefits of genetic species identification. DNA Barcoding also served as a link to connect all three levels of biodiversity (species, genetic, and ecosystem diversity) within the scope of a single learning module.

Fascination for Science

The evaluation of our project focused on learning outcomes and their association with student's fascination for science. To date, only little is known about the fascination construct and its potential relevance for science learning. Bonnette, Crowley, & Schunn (2019) appropriately referred to being fascinated with science as to being in love with science. Fascination is a latent construct reflecting an attitudinal level of motivation (Otto et al. 2020). The conceptual approach of fascination is premised in the tripartite model of attitudes proposing an attitude to consist of an affective, cognitive, and behavioral dimension (Rosenberg & Hovland, 1960). Therefore, science fascination is assumed to be characterized by deep emotional, cognitive, and behavioral engagement with scientific subject matters. Ideas of engagement with science are comparable to school engagement theory (e.g. Fredricks, Blumenfeld, & Paris 2004). Emotional engagement with science is supposed to be reflected in students' positive feelings and attitudes towards science as well as emotional reactions connected with scientific topics. This affective dimension of fascination can be expected to reflect in an enjoyment of learning scientific contents. Cognitive engagement can be defined as “thoughtfulness and willingness to exert the effort necessary to comprehend complex [scientific] ideas and master difficult

[science] skills" (Fredricks, et al., 2004). Thus, a cognitively engaged learners are perceived as willing to gain new and deeper insights into scientific topics and they appreciate the opportunity to deepen their scientific knowledge. Additionally, cognitive engagement becomes obvious when a learner expresses the importance of science and scientific knowledge. Behavioral engagement as the third dimension "draws on the idea of participation" (Fredricks, et al., 2004). It is characterized by the performance of voluntary, extracurricular activities and experiences relating to science, for example, reading science magazines or watching TV documentaries on scientific issues.

Accordingly, fascination is considered to embody several concepts. Being fascinated entails and requires a certain degree of curiosity, interest, and identification with the nature of scientific enterprise (Bathgate & Schunn 2017; Otto, et al., 2020). All these aspects represent complex constructs that are subject to intensive science education research and will therefore only be described very briefly here. Interest is a content-specific motivational state caused by a person's interaction with the environment (Schiefele 1991). Triggered by curiosity, interest can develop from more transformative, situational stages to rather persistent, individual interest (for an overview of interest in science, see Krapp & Prenzel 2011). Understanding the nature of the scientific enterprise constitutes a part of scientific literacy (Dass 2005). It involves comprehension of scientific knowledge acquisition and the use of scientific methods with the goal of science mastery in and beyond school (Carey & Smith 1993). We think that being able to identify with the scientific enterprise is an essential prerequisite to develop fascination for science.

Previous studies have already linked motivation, interest, and aspects of scientific literacy to long-term learning (Schraw, et al., 2001; Schumm & Bogner 2016; Spires, et al., 2016; Bathgate & Schunn 2017). Therefore, fascination for science might be another driver of students' in-depth and long-term science learning. To our knowledge, this is the first study applying the Fascination for Science Scale by Otto et al. (2020) to evaluate a formal education project. Our study aimed to gain further insights into the role of fascination for science in formal science learning. We applied the following research questions to our study:

- (1) To what extent is students' fascination for biology related to their cognitive achievement within the project?
- (2) Does a short-term intervention affect students' fascination for science?

2. Methods

2.1. Participants and data collection

We collected data from fourteen secondary school classes of seven university preparatory schools (“Gymnasium”) located in more rural areas and small towns in northern parts of Bavaria, Southern Germany. Overall, 276 tenth graders participated in our project as part of their regular school lessons. 205 complete datasets were used for statistical analysis. The mean age was 15.3 ($SD = \pm 0.64$) and gender distribution was almost equal (46.8% female). 35 tenth graders from two further school classes served as a test-retest group not participating in the project (77.1% female; age $M \pm SD = 15.5 \pm 0.61$). Participation in the study required parents’ permission and all students were told that survey responses would not affect grades and would not be shown to parents, teachers, or anybody but the researchers.

2.2. Instruments and procedure

Our study design consisted of a pre-, post- and retention test: students completed a paper-and-pencil test one or two weeks before (T0), directly after (T1) and six weeks after (T2) participation in our project. All tests and project participation took place during regular biology classes. At all test times (T0, T1, and T2), we monitored content knowledge and fascination for science. Figure 1 gives an overview of our procedure and instruments used. Each test took approximately 20 minutes to be completed.

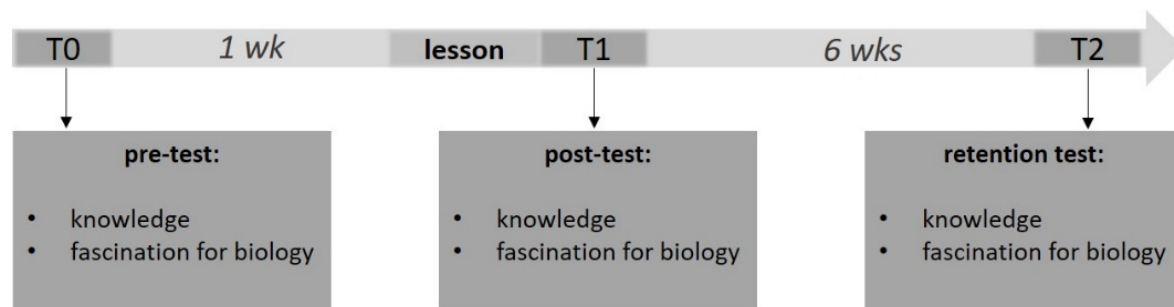


Figure 1: Overview of the procedure - study timeline and instruments used.

We applied a program-specific multiple-choice knowledge test consisting of 25 items to measure students’ knowledge regarding the contents of our lesson. Each item had four possible answers, only one of which was correct. Item examples are shown in Table 1. In the post- and retention test, we reordered the items randomly.

To measure fascination for science, we used the Fascination for Science Scale developed by Otto, et al. (2020). The scale is rooted in the Campbell-paradigm, which “describes individual behavior as a function of a person’s attitude level and the costs of the specific behavior involved” (Kaiser,

et al., 2010). Consequently, the more difficult statements are that a person agrees with and the more activities or behaviors they are engaged with outside of school, the higher is their fascination for science. The scale consists of 84 items, divided into seven subscales for specific scientific fields (science in general, biology, chemistry, physics, astronomy, geology, and technology). Each subscale consisting of 12 items, covers three dimensions: affective, cognitive, and behavioral engagement.

To measure students' fascination for biology, we applied a subscale of the Fascination for Science Scale by Otto, et al. (2020). The total questionnaire consists of 84 items and is based on the Campbell-paradigm (Kaiser & Byrka 2015). The items are divided into the three attitudinal components behavior, cognition, and affection and they cover seven scientific fields: physics, astronomy, chemistry, technology, biology, geoscience, and general science. We applied a subscale consisting of 12 items referring to the field of biology. Items are scaled by a 5-point Likert-type scale with "strongly disagree", "disagree", "partially agree", "agree", and "strongly agree" for affective and cognitive items and "never", "seldom", "sometimes", "often", and "very often" for behavioral items. Item wording is displayed in Figure 2.

Since the three tests had identical content, we reordered all items randomly in the post- and retention test. The test-retest group showed no significant knowledge increase throughout the three test times, $F(2, 6) = 3.65$, $p = 0.09$. Thus, learning effects caused by repeated exposure to the questionnaire can be precluded. Further, we found no statistical difference in the knowledge test mean scores of the treatment group and the test-retest group at T0 but a significant difference at T1 and T2 (T0: $t(238) = 0.55$, $p = 0.585$; T1: $t(40.86) = 5.51$, $p < 0.001$; T2: $t(238) = 3.36$, $p = 0.003$).

Table 1: item examples of the knowledge test with item difficulty; (cor) indicates the correct answer

item example with possible answers	difficulty (P value*)
Mites are classed among...	extremely difficult (0.19)
a) ...insects, because they have 3 pairs of legs. b) ...beetles, because they do not have abdominal appendices. c) ...arachnids, because they have 4 pairs of legs. (cor) d) ...myriapods, because they have multiple pairs of legs.	
Ecosystem services are...	very difficult (0.37)
a) ...measures to protect ecosystems. b) ...goods and services provided by ecosystems for human welfare. (cor) c) ...services for ecosystems. d) ...goods and services provided by humans for ecosystems.	

How can impacts of climate change on forests be mitigated?	moderately difficult (0.62)
a) This is not possible. b) Through the conversion of forests into near-natural, species-rich mixed forests. (cor) c) Through the cultivation of tree monocultures. d) Through the cultivation of spruces.	
When the abundance of soil organisms decreases...	moderately easy (0.79)
a) ...,the soil gets low in nutrients. (cor) b) ...,the soil gets cleaner. c) ...,the soil gets more calcareous. d) ...,the soil gets rich in nutrients.	
To reduce the amount of atmospheric CO ₂ it would help to...	very easy (0.96)
a) ...plant more trees. (cor) b) ...cut down more trees. c) ...burn more wood. d) ...to clear more forests.	

*P values were calculated for T0

2.3. Citizen Science Project FutureForest

Our contributory citizen science project, named FutureForest, included a data collection activity accompanied by a classroom module (Schneiderhan-Opel & Bogner 2020). Students collected soil samples at forests in the vicinity of their homes. To secure correct sampling, students were trained by their teachers and were given a detailed protocol on how to take the soil sample. Additionally, students had to answer several questions on the protocol regarding the sampling site, e.g. GPS location, composition, and condition of the respective forest. Students were aware that careful sampling and detailed information on the surroundings were of highly important for the researchers. Within our classroom module, we have put the sampling of soil organisms, i.e. the actual citizen science activity, into the broader context of biodiversity at the example of the forest ecosystem. The module followed the current curriculum and took place during regular biology lessons. This approach was chosen intentionally to evaluate the practical applicability of integrating a citizen science project into formal educational contexts within a classroom setting. The classroom module took 180 minutes and comprised four learning stations. We chose the three-lesson, short-term format because it is suitable for a commonplace classroom scenario. Guided by a workbook, students worked student-centered, self-regulated, and collaboratively in small groups of four. Only a short introduction to the definition and concept of biodiversity was teacher-guided. The educational approach of engaging students in self-directed learning at workstations and providing them with hands-on material has already

proven beneficial for knowledge acquisition in environmental education (e.g. Schönfelder & Bogner 2017, Schumm & Bogner 2016).

To facilitate a smooth workflow, each learning-station was available twice in the classroom. At learning station one, students worked with an interactive website on ecosystem services provided by forests. The second learning station consisted of an interactive power-point presentation about DNA-barcoding and its relevance for nature conservation. Here, students learned about the importance of species identification for biodiversity preservation and environmental monitoring. Also, they realized how their forest soil sampling may contribute to biodiversity preservation by the expansion of the nationwide DNA barcoding database. At learning station three, students identified selected representatives of forest soil biota with the help of a simplified, dichotomous identification key. Finally, students did a role-play on a future scenario about the conversion of a spruce monoculture, affected by climate change and bark beetle calamities, into a species-rich, mixed forest. Apart from the four obligatory workstations, the workbook contained several additional tasks for fast performing student groups (for further details on the module please refer to Schneiderhan-Opel and Bogner (2020)).

2.4. Statistical analysis

To analyze the quality of the fascination for science scale, we conducted a Rasch analysis with dichotomized students' Likert-type answers on the fascination of biology questions (agree, strongly agree = 1; partially agree, disagree, strongly disagree = 0; often, very often = 1; sometimes, seldom, never = 0). For the Rasch analysis, we used ACER ConQuest 3. For all further statistical tests, we used IBM SPSS Statistics 24. Assuming the central limit theorem (Field 2009), we used parametric tests. Responses of the knowledge test were recoded to "1" (correct answer) and "0" (wrong answer). Relations between knowledge sum scores and fascination mean scores were determined using two-tailed Pearson correlations with Bonferroni corrected p-values. Based on the fascination mean scores, we conducted a quartile split to compare the upper and bottom 25% as well as the intermediate 50% of the sample regarding their fascination level. Repeated measure ANOVAs were used for intra-group comparisons at the test times T0, T1, T2. In cases of significant Mauchly's test showing a violation of sphericity, a Huynh-Feldt adjustment was used for correction. Post-hoc analyses were Bonferroni corrected. Additionally, we conducted one-way ANOVAs to determine differences between the fascination groups (inter-group comparisons) at the different testing times. Unpaired t-tests were used to determine the differences between the treatment and the test-retest group.

3. Results

3.1. Quality of the instruments

To observe the internal consistency and reliability of our knowledge scale, we calculated Cronbach's alpha coefficients for all three testing times. Except for T0, reliability scores were acceptable ($\alpha_{T0}=0.654$, $\alpha_{T1}=0.745$, $\alpha_{T2}=0.796$). Item difficulty levels showed a suitable range between 0.15 and 0.96 and a Shapiro-Wilk-Test revealed a normal distribution ($p=0.31$).

For the calibration of the fascination for science scale, we used data of all three testing points T0, T1, and T2 with $N=736$. Item separation reliability was $r=1.0$ with $SD=2.26$. Person separation reliability was $r=0.69$ with $SD=1.53$. Item difficulties ranged between $\delta=-2.92$ and $\delta=3.71$ with a $SD=2.27$. The three most difficult items belong to the behavioral dimension, whereas the three easiest items were cognitive ones. This finding is in line with the assumptions of Otto et al. (2020). Item mean square fit ranged from $wMNSQ=0.79$ to $wMNSQ=1.18$. Infit mean square values of all items lie within the acceptable range between 0.70 and 1.30, as suggested by Bond and Fox (2010). The mean MNSQ value was 0.98 with a standard derivation of 0.13. There was no maximum score or zero score item. Seven students reached the maximum score and 25 students had a zero score.

3.2. No change in fascination for biology

A repeated measures ANOVA with a Huynh-Feldt correction showed no statistically significant differences between fascination for biology mean scores at T0, T1, and T2, $F(1.99, 359.97)=1.41$, $p=0.245$.

3.3. Relationship between fascination and knowledge

The knowledge sum scores correlated significantly with the fascination mean scores (see Table 2).

Table 2: Pearson correlations between averaged knowledge scores and fascination for science at all test times (T0 = pre-test, T1 = post-test and T2 = retention test 2). Level of statistical significance p : *** $p \leq 0.001$ ** $p \leq 0.01$ * $p \leq 0.05$; p values are Bonferroni corrected

Knowledge	Science Fascination		
	T0	T1	T2
T0	0.301***	0.222**	n.s.
T1	0.345***	0.196*	n.s.
T2	0.417***	0.345***	0,252***

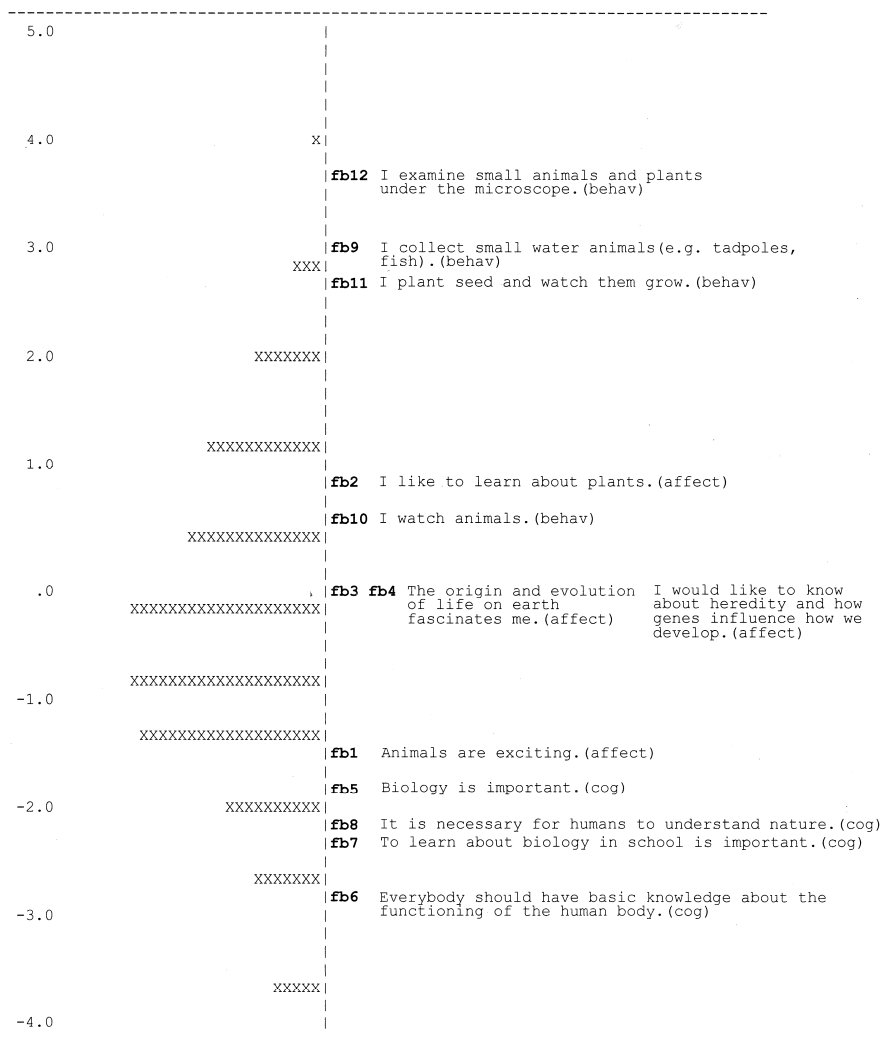


Figure 2: Rasch wright-map of the fascination items. The left side displays the student ability from the highest ability at the top to the least ability at the bottom. Each “X” represents six students. The right side shows the fascination item difficulty with fb12 representing the most difficult item to fb6 representing the least difficult item. The fascination dimensions are shown in brackets (affect = affective domain; behav = behavioral domain; cog = cognitive domain).

Repeated measure ANOVAs with Huynh-Feldt correction showed statistically significant mean knowledge score differences within each fascination group between the measurements (low: $F(2, 102) = 20.46$, $p < 0.001$, $\eta^2 = .286$; intermediate: $F(1.76, 172.84) = 54.25$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.356$; high: $F(2, 84) = 38.10$, $p < 0.001$, $\eta^2 = 0.476$). Every fascination group showed a highly significant knowledge increase between T0 and T1 (see Table 3). There was a significant knowledge score decrease between T1 and T2 in the intermediate and low fascination group, whereas the knowledge score decrease in the high fascination group was not significant. Knowledge score increase between T0 and T2 was significant in every group.

Table 3: Inner group comparison. rmANOVA post hoc test results. Knowledge score comparison between the test times (T0 = pre-test, T1 = retention test and T2 = retention test 2) for all three fascination level groups. Level of statistical significance p : * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

Knowledge score comparison between test times	Fascination level					
	low		intermediate		high	
	MD	p	MD	p	MD	p
T1 – T0	3.88***	< 0.001	3.64***	< 0.001	3.42***	< 0.001
T2 – T1	- 1.98**	0.004	- 0.99*	0.047	0.09	n.s.
T2 – T0	1.91*	0.016	2.65***	< 0.001	3.51***	< 0.001

At all three testing times, students of the upper quartile, on average, answered more knowledge questions correctly than students of the interquartile and lower quartile group (T0: $M_{\text{high}} = 12.39$, $SD = 3.23$; $M_{\text{inter}} = 11.38$, $SD = 3.44$; $M_{\text{low}} = 10.51$, $SD = 3.67$; T1: $M_{\text{high}} = 15.96$, $SD = 3.52$; $M_{\text{inter}} = 14.69$, $SD = 4.24$; $M_{\text{low}} = 14.06$, $SD = 3.96$; T2: $M_{\text{high}} = 16.40$, $SD = 3.87$; $M_{\text{inter}} = 13.95$, $SD = 4.58$; $M_{\text{low}} = 12.55$, $SD = 4.25$). Levene's test showed that equal variance could be assumed (T0: $p = 0.589$; T1: $p = 0.311$; T2: $p = 0.414$). At all three testing times, there was a statistically significant difference between knowledge scores for the different levels of fascination (T0: $F(2, 227) = 4.07$, $p < 0.05$, $\omega^2 = 0.026$; T1: $F(2, 230) = 3.23$, $p < 0.05$, $\omega^2 = 0.019$; T2: $F(2, 196) = 9.76$, $p < 0.001$, $\omega^2 = 0.081$). The Tukey-Kramer post hoc test revealed significant knowledge score differences between the high and low fascination level groups at all testing times displaying the highest difference and significance at T2 (see Table 4). At T2, there was also a significant difference between the high and intermediate fascination groups. At T0 and T1, the comparison between the high and intermediate groups was not significant and comparisons between the low and intermediate groups were not significant at any testing time.

Table 4: Inter-group comparison. ANOVA Tukey-Kramer post hoc test results.

Knowledge score comparisons between fascination level groups at all three test times (T0 = pre-test, T1 = retention test and T2 = retention test 2). Level of statistical significance p : * $p \leq 0.05$; ** $p \leq 0.01$; *** $p \leq 0.001$.

Fascination level comparison	Knowledge score mean difference					
	T0		T1		T2	
	MD	p	MD	p	MD	p
high – intermediate	1.01	0.204	1.27	0.144	2.45*	0.005
intermediate – low	0.87	0.241	0.63	0.578	1.40	0.140
high – low	1.88*	0.013	1.90*	0.034	3.85***	< 0.001

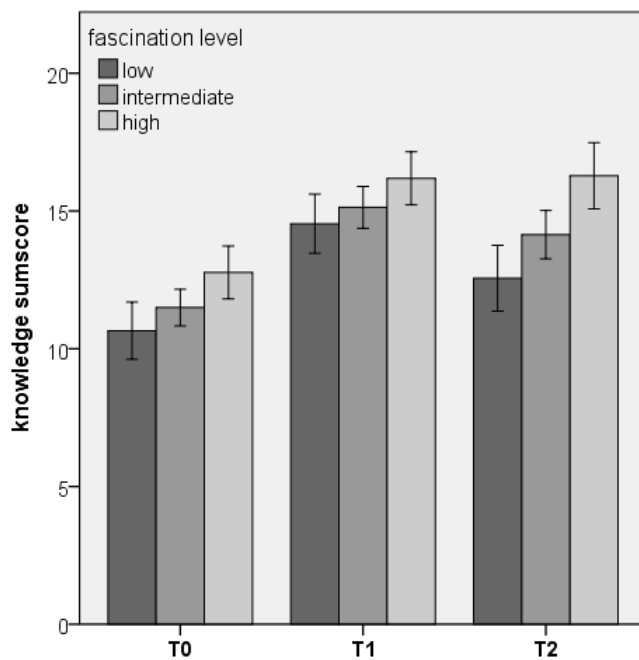


Figure 3: Knowledge sum scores at all test times (T0: pretest, T1: retest and T2: retest 2) classified after students' fascination levels (low: mean score ≤ 2.67 ; intermediate: mean score 2.68-3.5; high: mean score > 3.5). Error bars show 95% CI.

4. Discussion

As stated before, empirical studies on citizen science learning outcomes focus primarily on informal learning approaches, addressing interested volunteers as the main target group. Research on the implementation of citizen science as an educational tool in the science classroom is rather limited. In our study, we integrated a citizen science project into the regular biology lesson plan and evaluated the impact of fascination on students' cognitive performance. Since the literature on science fascination is rather limited so far, we draw our assumptions and conclusions primarily from research on closely related concepts like interest and motivation.

4.1. No pre-post change in fascination

We did not observe a change in students' fascination after their participation in our short-term citizen science project. Thus, we can agree with Bathgate and Schunn (2017) and assume fascination to be a rather stable concept that develops and deepens over time and through several stages, from more situational feelings of enjoyment and curiosity to more complex and persistent attitudes and perspectives. A factor supporting this assumption is that fascination integrates and entails interest, a concept that has already been identified to be of a more stable character and to develop through several stages over a longer period. Hidi and Renninger (2006) introduced the four-phase model of interest development. The model is built on the assumption that a learner's interest evolves and

stabilizes in a four-stage process proceeding from “triggered situational interest [over] maintained situational interest [and] emerging (less-developed) individual interest [to] well-developed individual interest.” (Hidi & Renninger 2006: 1). It, however, entails the learner’s frequent re-engagement with the topic. We, therefore, assume that a change in fascination levels would require greater involvement of students in scientific processes and participation in further research steps. This presumption is supported by previous studies on contributory citizen science projects, which have demonstrated content knowledge gain and increased abilities but no change in more stable concepts like attitudes or behaviors (e.g. Brossard, et al., 2005; Jordan, et al., 2011). Additionally, in their recent study, Bonnette, Crowley, and Schunn (2019) observed a positive effect of participation in activities of informal science learning on science fascination. Sixth-graders who had frequently experienced informal science learning showed an increase in science fascination within one semester. Consequently, we think that involving participants in further steps of a research process and engaging them over a longer period may have great potential for positively affecting participants’ science fascination and persistence with science.

However, our study approach does not allow us to draw conclusions from the citizen science activity as such. We attempted to include citizen science as an educational tool into the regular biology class, which, implies that the activity was embedded in our biodiversity lessons. Further research on science fascination should consider the potential effects of citizen science projects that encourage students over a longer period and involve them in further steps of research processes.

4.2. A linear relation between fascination and cognitive achievement

To our knowledge, this is the first study observing the relation between fascination for biology and cognitive achievement within a short-term intervention. We observed that fascination for biology is positively associated with content knowledge. Overall, highly fascinated students showed better cognitive performance than less fascinated ones. In relation to their prior knowledge scores, all fascination groups achieved short-term and long-term content learning but already at T0, highly and intermediately fascinated students showed an advance in knowledge in comparison with low fascinated students. This result was statistically significant for the mean difference between the highly and low fascinated groups. This also applies to test time T1.

Highly fascinated students are more deeply engaged with scientific subject matters in and out of school and we, therefore, see two possible reasons for the higher pre-knowledge scores of highly fascinated students in comparison to less fascinated learners. First, as stated above, informal learning activities may have positively influenced students’ pre-knowledge scores (Bonnette, et al., 2019) as well as their fascination for science. Taking the behavioral dimension of the fascination construct into account, highly fascinated students are more likely to engage with science outside the

contributory science classes, e.g. by voluntarily participating in science workgroups at school or by doing science-related activities, like bird-watching or plant breeding, in their spare time. Consequently, the more fascinated students already are the more activities they will engage in and vice versa. Informal learning may thus have led to different levels of pre-knowledge but could also have led to different levels of fascination.

Secondly, highly fascinated students may have already benefited from prior formal science education. The participating students were already in the last third of their school career and the Bavarian biology curriculum follows a pattern, which fosters cumulative learning (Bavarian Ministry of Education 2007). Due to the relationships described, we expect highly fascinated students to have already gained more pre-knowledge in prior grades because of their deeper engagement with science.

Low fascinated students' cognitive achievement may be mainly temporary, whereas highly fascinated students' knowledge gain has shown to be persistent. Especially in the retention test, differences in knowledge between the upper and lower quartile group were highly significant. On average, highly fascinated students were able to answer almost four more questions correctly than students with low fascination scores. We also found a statistically relevant difference of almost 2.5 correct answers between the high and the intermediate group. More importantly, in contrast to both lower and intermediately fascinated students, highly fascinated students showed no statistically significant knowledge decrease between T1 and T2. These findings are in line with well-established research on the relationship between intrinsic motivation and science learning. Several studies have proven that higher motivated students achieve better results compared to less motivated learners (e.g. Bryan, Glynn & Kittleson 2011; Glynn, Taasobshirazi & Brickman 2007). For example, Schumm and Bogner (2016) found a quite similar linear relation between science motivation and content learning. However, in contrast to our results regarding fascination, all motivational groups showed a moderate but significant knowledge decrease at T2.

We see a possible explanation for the persistent cognitive achievement, especially of highly fascinated students, in our learning environment. Hands-on learning is regarded as highly efficient to promote knowledge acquisition (Elbadawi, et al., 2009) and has already been connected to better achievement of motivated students (Jurišević, et al., 2012; Goldschmidt & Bogner 2016). In our citizen science project, we engaged students in a real research process by having them gather authentic scientific data. This activity was connected to student-centered, hands-on learning in the biology classroom. We think this educational approach combined with active participation via citizen science encouraged students' engagement with the subject matter and especially fostered the cognitive achievement of highly fascinated students.

5. Conclusion and Outlook

The positive linear relation between fascination and performance of students participating in a collaborative citizen science project is promising. Hitherto, it is widely unknown how to foster fascination in formal or informal learning environments. We cannot draw causal conclusions from our results but within our sample and across the testing times higher fascination scores were positively associated with higher knowledge scores and vice versa. Assuming this bivariate relationship between fascination and environmental learning, fascination could be a significant predictor of persistent and life-long science learning, and, conversely, environmental learning could foster fascination for biology. Appropriate educational strategies for promoting and maintaining students' deep engagement with science need to be developed. Further research on fascination is needed to prevent the emergence of a performance gap between highly and low fascinated students. The long-term goal is to find ways to promote science fascination, which could foster lifelong-learning and persistence with science. Overall, our results demonstrate that already highly fascinated students benefited the most from our approach, especially in the long term. The knowledge gap between the highly and low fascinated groups increased between the testing times. If we assume this pattern to be a usual outcome of student-centered, hands-on approaches in science classes, the consequence would be a science class scenario already shown for science motivation (Obrentz 2012): there will be a growing disparity in highly and low fascinated students' performance because highly fascinated students will become even more fascinated with science whereas low fascinated students will experience frustration due to worse grades and loss of self-esteem. This presumption should be addressed in future studies.

References

- Baram Tsabari, A., & Yarden, A. (2005). Characterizing children's spontaneous interest in science and technology. *International Journal of Science Education*, 27, 803–826.
<https://doi.org/10.1080/09500690500038389>
- Bathgate, M., & Schunn, C. 2017. The psychological characteristics of experiences that influence science motivation and content knowledge. *International Journal of Science Education*, 39(17): 2402–2432. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1386807>
- Bavarian Ministry of Education. 2007. Lehrplan für das Gymnasium G8 [Curriculum for Gymnasium G8]. Munich, Germany: ISB.
- Bond, T.G., & Fox, C. M. 2010. Applying the Rasch Model: Fundamental measurement in the human sciences. 2nd ed. New York: Routledge.
- Bonnette, R. N., Crowley, K., & Schunn, C. D. 2019. Falling in love and staying in love with science: ongoing informal science experiences support fascination for all children. *International Journal of Science Education*. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2019.1623431>
- Bonney, R., Ballard, H. L., Jordan, R., McCallie, E., Phillips, T., Shirk, J., & Wildermann, C. C. 2009. Public Participation in Scientific Research: Defining the Field and Assessing Its Potential for Informal Science Education. A CAISE Inquiry Group Report.
- Bonney, R., Cooper, C. B., Dickinson, J., Kelling, S., Phillips, T., Rosenberg, K. V., & Shirk, J. 2017. Citizen Science : A Developing Tool for Expanding Science Knowledge and Scientific Literacy.,

- 59(11): 977–984. DOI: <https://doi.org/10.1525/bio.2009.59.11.9>
- Bonney, R., Phillips, T. B., Ballard, H. L., & Enck, J. W. 2016. Can citizen science enhance public understanding of science? *Public Understanding of Science*, 25(1): 2–16. DOI: <https://doi.org/10.1177/0963662515607406>
- Bonney, R., Shirk, J. L., Phillips, T. B., Wiggins, A., Ballard, H. L., Miller-Rushing, A. J., & Parrish, J. K. 2014. Next Steps for Citizen Science. *Science*, 343(6178): 1436–1437. DOI: <https://doi.org/10.1126/science.1251554>
- Brossard, D., Lewenstein, B., & Bonney, R. 2005. Scientific knowledge and attitude change: The impact of a citizen science project. *International Journal of Science Education*, 27(9): 1099–1121. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500690500069483>
- Bryan, R. R., Glynn, S. M., & Kittleson, J. M. 2011. Motivation, achievement, and advanced placement intent of high school students learning science. *Science Education*, 95(6): 1049–1065. DOI: <https://doi.org/10.1002/sce.20462>
- Bucheri, G., Gürber, N. A., & Brühwiler, C. (2011). The Impact of Gender on Interest in Science Topics and the Choice of Scientific and Technical Vocations. *International Journal of Science Education*, 33(1), 159–178. <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518643>
- Carey, S., & Smith, C. 1993. On understanding the nature of scientific knowledge. *Educational Psychologist*, 28(3): 235–251. DOI: https://doi.org/10.1207/s15326985ep2803_4
- Collins, R. A., & Cruickshank, R. H. (2013). The seven deadly sins of DNA barcoding. *Molecular Ecology Resources*, 13 (6), 969–975. <https://doi.org/10.1111/1755-0998.12046>
- Dasmahapatra, K. K., & Mallet, J. (2006). Taxonomy: DNA barcodes: Recent successes and future prospects. *Heredity*, 97 (4), 254–255. <https://doi.org/10.1038/sj.hdy.6800858>
- Dass, P. M. 2005. Understanding the Nature of Scientific Enterprise (NOSE) through a Discourse with Its History: The Influence of an Undergraduate ‘History of Science’ Course. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 3(1): 87–115. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10763-004-3225-1>
- Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., & Ryan, R. M. 1991. Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist*, 26(3–4): 325–346. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653137>
- Dickinson, J. L., Zuckerberg, B., & Bonter, D. N. 2010. Citizen Science as an Ecological Research Tool: Challenges and Benefits. DOI: <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102209-144636>
- Elbadawi, I., McWilliams, D. L., & Tetteh, E. G. 2009. Enhancing Lean Manufacturing Learning Experience Through Hands-On Simulation. *Simulation & Gaming*, 41(4): 537–552. DOI: <https://doi.org/10.1177/1046878109334333>
- Fančovičová, J., & Prokop, P. 2011. Plants have a chance: outdoor educational programmes alter students’ knowledge and attitudes towards plants. *Environmental Education Research*, 17(4): 537–551. DOI: <https://doi.org/10.1080/13504622.2010.545874>
- Field, A. 2009. *Discovering Statistics Using SPSS*. 3rd ed. London: SAGE Publications Ltd.
- Fredricks, J. A., Blumenfeld, P. C., & Paris, A. H. 2004. School Engagement: Potential of the Concept, State of the Evidence. *Review of Educational Research*, 74(1): 59–109. DOI: <https://doi.org/10.3102/00346543074001059>
- Glynn, S. M., Taasoobshirazi, G., & Brickman, P. 2007. Nonscience majors learning science: A theoretical model of motivation. *Journal of Research in Science Teaching*, 44(8): 1088–1107. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.20181>
- Goldschmidt, M., & Bogner, F. X. 2016. Learning About Genetic Engineering in an Outreach Laboratory: Influence of Motivation and Gender on Students’ Cognitive Achievement. *International Journal of Science Education, Part B*, 6(2): 166–187. DOI: <https://doi.org/10.1080/21548455.2015.1031293>
- Hebert, P. D. N., Cywinska, A., Ball, S. L., & deWaard, J. R. 2003. Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings. Biological Sciences*, 270(1512): 313–321. DOI: <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2218>
- Hidi, S., & Renninger, K. A. 2006. The Four-Phase Model of Interest Development. *Educational*

- Psychologist, 41(2): 111–127. DOI: https://doi.org/10.1207/s15326985ep4102_4
- Hilty, J., & Merenlender, A. 2000. Faunal indicator taxa selection for monitoring ecosystem health. *Biological Conservation*, 92(2): 185–197. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0006-3207\(99\)00052-X](https://doi.org/10.1016/S0006-3207(99)00052-X)
- Jones, M. G., Howe, A., & Rua, M. J. (2000). Gender differences in students' experiences, interests, and attitudes toward science and scientists. *Science Education*, 84(2), 180–192. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1098-237X\(200003\)84:2<180::AID-SCE3>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/(SICI)1098-237X(200003)84:2<180::AID-SCE3>3.0.CO;2-X)
- Jordan, R. C., Gray, S. A., Howe, D. V., Brooks, W. R., & Ehrenfeld, J. G. 2011. Knowledge Gain and Behavioral Change in Citizen-Science Programs., 25(6): 1148–1154. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2011.01745.x>
- Jurišević, M., Vrtačnik, M., Kwiatkowski, M., & Gros, N. 2012. The interplay of students' motivational orientations, their chemistry achievements and their perception of learning within the hands-on approach to visible spectrometry. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 13(3): 237–247. DOI: <https://doi.org/10.1039/C2RP20004J>
- Kaiser, F. G., & Byrka, K. 2015. The Campbell Paradigm as a Conceptual Alternative to the Expectation of Hypocrisy in Contemporary Attitude Research. *The Journal of Social Psychology*, 155(1): 12–29. DOI: <https://doi.org/10.1080/00224545.2014.959884>
- Kaiser, F. G., Byrka, K., & Hartig, T. 2010. Reviving Campbell's Paradigm for Attitude Research. *Personality and Social Psychology Review*, 14(4): 351–367. DOI: <https://doi.org/10.1177/1088868310366452>
- Krapp, A., & Prenzel, M. 2011. Research on Interest in Science: Theories, methods, and findings. *International Journal of Science Education*, 33(1): 27–50. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2010.518645>
- Marth, M., & Bogner, F. X. 2017. Does the issue of bionics within a student-centered module generate long-term knowledge? *Studies in Educational Evaluation*, 55: 117–124. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2017.09.001>
- Morinière, J., de Araujo, B., Lam, A. W., Hausmann, A., Balke, M., Schmidt, S., Hendrich, L., Doczkal, D., Fartmann, B., Arvidsson, S., & Haszprunar, G. 2016. Species Identification in Malaise Trap Samples by DNA Barcoding Based on NGS Technologies and a Scoring Matrix. *PLOS ONE*, 11(5): 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155497>
- Naaum, A. M., Frewin, A., & Hanner, R. 2013. DNA Barcoding as an Educational Tool: Case Studies in Insect Biodiversity and Seafood Identification. *Teaching and Learning Innovations Journal*, 16: 25–33. Retrieved from <https://journal.lib.uoguelph.ca/index.php/tli/issue/view/178>
- Obrentz, S. B. 2012. Predictors of Science success: the impact of motivation and learning strategies on college chemistry performance (educational psychology and special education dissertations., paper 77). Georgia State University. Retrieved from https://scholarworks.gsu.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1078&context=epse_diss
- Otto, S., Körner, F., Marschke, B., Merten, M. J., Brandt, S., Sotiriou, S., & Bogner, F. X. 2020. Deeper Learning as Integrated Knowledge and Fascination for Science. *International Journal of Science Education*. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2020.1730476>
- Price, C. A., & Lee, H. 2013. Changes in Participants' Scientific Attitudes and Epistemological Beliefs During an Astronomical Citizen Science Project., 50(7): 773–801. DOI: <https://doi.org/10.1002/tea.21090>
- Raupach, Michael J., Hannig Karsten, & J.-W., W. (2010). DNA Barcoding–Perspektiven und Chancen: Eine Fallstudie am Beispiel der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) [DNA Barcoding – Perspectives and Chances: A Case Study on Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae)]. *Entomologie Heute*, 22, 171–190
- Ryan, R. M., & Deci, E. L. 2000. Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1): 54–67. DOI: <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>
- Schiefele, U. 1991. Interest, Learning, and Motivation. *Educational Psychologist*, 26(3–4): 299–323. DOI: <https://doi.org/10.1080/00461520.1991.9653136>
- Smith, M. A., & Fisher, B. L. (2009). Invasions, DNA barcodes, and rapid biodiversity assessment

- using ants of Mauritius. *Frontiers in Zoology*, 6, 31. <https://doi.org/10.1186/1742-9994-6-31>
- Schneiderhan-Opel, J., & Bogner, F. X. 2020. FutureForest – Promoting Biodiversity Literacy by Implementing Citizen Science in the Classroom. *The American Biology Teacher*, 82(4): 234-240. DOI: 10.1525/abt.2020.82.4.234
- Schönfelder, M. L., & Bogner, F. X. 2017. Two ways of acquiring environmental knowledge: by encountering living animals at a beehive and by observing bees via digital tools. *International Journal of Science Education*, 39(6): 723–741. DOI: <https://doi.org/10.1080/09500693.2017.1304670>
- Schraw, G., Flowerday, T., & Lehman, S. 2001. Increasing Situational Interest in the Classroom. *Educational Psychology Review*, 13(3): 211–224. DOI: <https://doi.org/10.1023/A:1016619705184>
- Schumm, M. F., & Bogner, F. X. 2016. The impact of science motivation on cognitive achievement within a 3-lesson unit about renewable energies. *Studies in Educational Evaluation*, 50: 14–21. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2016.06.002>
- Shah, H. R., & Martinez, L. R. 2016. Current Approaches in Implementing Citizen Science in the Classroom. *Journal of Microbiology & Biology Education*, 17(1): 17–22. DOI: <https://doi.org/10.1128/jmbe.v17i1.1032>
- Spires, H. A., Kerkhoff, S. N., & Graham, A. C. K. 2016. Disciplinary literacy and inquiry: Teaching for deeper content learning. *Journal of Adolescent & Adult Literacy*, 60(2): 151–161. DOI: <https://doi.org/10.1002/jaal.577>
- Tollefson, J. 2019. Humans are driving one million species to extinction. *Nature In Focus News*, 9 May. [online access at <https://www.nature.com/articles/d41586-019-01448-4> last accessed 28 May 2019]
- Vitone, T., Stofer, K. A., Steininger, M. S., Hulcr, J., Dunn, R., & Lucky, A. 2016. School of Ants goes to college: integrating citizen science into the general education classroom increases engagement with science. *Journal of Science Communication*, 15(01): 1–24. DOI: <https://doi.org/10.22323/2.15010203>

ANHANG

Fragebogen

Es wird exemplarisch der Fragebogen des Vortests gezeigt. Dieser enthält alle verwendeten Items zu Schülervorstellungen (A), Wissen (B), Umwelteinstellungen (C & D) und Faszination für Biologie (E). Die Fragen zu A, B und E wurden zu allen Testzeitpunkten abgefragt. Im Nach- und Behaltens-test wurden die Reihenfolge der Wissensfragen einschließlich der Antwortoptionen sowie die Itemreihenfolge der Faszinationsskala zufällig vertauscht.

UNIVERSITÄT
BAYREUTH

VT

Fragebogen zum Unterrichtsmodul „Wald mit Zukunft – Biodiversität schützen und nützen“

Liebe Schülerin, lieber Schüler,

dieser Fragebogen ist Teil einer wissenschaftlichen Untersuchung und **streng vertraulich**.

Er wird **nicht** von Ihrer Lehrkraft eingesehen oder benotet.

Bitte bearbeiten Sie **alle** Fragen **alleine**, **sorgfältig** und **wahrheitsgemäß**.

Bitte füllen Sie den Fragebogen mit einem **dunklen Stift** aus (keine hellen Stifte, Neonfarben oder Bleistifte verwenden).

Wenn Sie fertig sind, **kontrollieren** Sie bitte, ob Sie alle Seiten ausgefüllt haben.

Vielen Dank, dass Sie an dieser Befragung teilnehmen!

Datum

TT

MM

JJJJ



Persönlicher Code:

Durch diesen Code können wir nicht mehr nachvollziehen wer diesen Fragebogen ausgefüllt hat, jedoch die Fragebögen untereinander zuordnen.

Kürzen Sie Ihr Geschlecht mit **M** (männlich) bzw. **W** (weiblich) ab.

Tragen Sie den Monat Ihres Geburtstages ein (z.B. **08** für August, **12** für Dezember).

Tragen Sie das Jahr Ihrer Geburt ein (z.B. **99** für 1999, **00** für 2000).

Tragen Sie die zwei ersten Buchstaben des Vornamens Ihrer Mutter ein (z.B. **CL** für Claudia).

Tragen Sie die Hausnummer ein, in der Sie wohnen (z.B. **003** für Hausnummer 3).

<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>	<input type="text"/>
----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------	----------------------

Geschlecht

Geburtsmonat

Geburtsjahr

Mutter

Hausnummer

Beispiel: Maximilian ist männlich, geboren im September 2001, seine Mutter heißt Andrea und er wohnt in Hausnummer 61. ***Sein Code lautet: **M0901AN061*****

A) Beantworten Sie nun die folgenden Fragen.

1. Was verstehen Sie unter dem Begriff Biodiversität (= biologische Vielfalt)?

2. Für wen oder was kann die Biodiversität von Nutzen sein? Begründen Sie Ihre Antwort.

3. Sollte die Biodiversität geschützt werden? Begründen Sie Ihre Antwort.

B) Beantworten Sie nun die folgenden Fragen zu Ihrem Wissen.

Es gibt immer nur 1 richtige Antwort, deshalb setzen Sie bitte nur 1 Kreuz pro Frage.

Wenn Sie die Antwort nicht wissen, kreuzen Sie die Frage nicht an!

1	Was stimmt <u>nicht</u>? Die Wälder unserer Erde werden als „grüne Lunge“ bezeichnet, da sie...	2	Welche Aussage stimmt? Die Biodiversität...
<input type="checkbox"/>	...die Luft filtern.	<input type="checkbox"/>	...ist entscheidend für das Funktionieren eines Ökosystems.
<input type="checkbox"/>	...das Klima regulieren.	<input type="checkbox"/>	...steht nicht im Zusammenhang mit Funktionen eines Ökosystems.
<input type="checkbox"/>	...O ₂ produzieren.	<input type="checkbox"/>	...hat keinen Einfluss auf das Funktionieren eines Ökosystems.
<input type="checkbox"/>	...O ₂ speichern.	<input type="checkbox"/>	...wird durch Funktionen des Ökosystems beeinflusst.
3	Ökosystemdienstleistungen sind...	4	Welche Schutzfunktion kann der Wald <u>nicht</u> bieten?
<input type="checkbox"/>	...Schutzmaßnahmen für Ökosysteme.	<input type="checkbox"/>	Schutz vor Hochwasser
<input type="checkbox"/>	...Güter und Leistungen die uns Menschen von Ökosystemen bereitgestellt werden.	<input type="checkbox"/>	Schutz vor Lawinen
<input type="checkbox"/>	...Dienstleistungen für Ökosysteme.	<input type="checkbox"/>	Schutz vor Erdbeben
<input type="checkbox"/>	...Güter und Leistungen die wir Menschen für Ökosysteme bereitstellen.	<input type="checkbox"/>	Schutz vor Bodenerosion
5	Eine 100 Jahre alte Buche produziert pro Jahr so viel O₂ wie ein Mensch in...	6	Um die Menge an CO₂ in der Atmosphäre zu senken würde es helfen mehr...
<input type="checkbox"/>	...2 Jahren benötigt.	<input type="checkbox"/>	...Bäume zu pflanzen.
<input type="checkbox"/>	...13 Jahren benötigt.	<input type="checkbox"/>	...Bäume zu fällen.
<input type="checkbox"/>	...2 Monaten benötigen.	<input type="checkbox"/>	...Holz zu verbrennen.
<input type="checkbox"/>	...5 Tagen benötigt.	<input type="checkbox"/>	...Wälder zu roden.
7	Was stimmt <u>nicht</u>? Ein DNA-Barcode...	8	Das übergeordnete Ziel des DNA-Barcodings ist es,...
<input type="checkbox"/>	...ist eine kurze DNA-Sequenz.	<input type="checkbox"/>	...die weltweite Biodiversität zu erfassen.
<input type="checkbox"/>	...ist der genetische Fingerabdruck einer Art.	<input type="checkbox"/>	...Taxonomen zu ersetzen.
<input type="checkbox"/>	...ist für jede Art spezifisch.	<input type="checkbox"/>	...die morphologische Artbestimmung zu ersetzen.
<input type="checkbox"/>	...unterscheidet sich innerhalb einer Art.	<input type="checkbox"/>	...einzelne, schwer bestimmbare Arten zu identifizieren.

Seite 4 von 10

B) Beantworten Sie nun die folgenden Fragen zu ihrem Wissen.
Es gibt immer nur 1 richtige Antwort, deshalb setzen Sie bitte nur 1 Kreuz pro Frage.
Wenn Sie die Antwort nicht wissen, kreuzen Sie die Frage nicht an!

17	Wobei handelt es sich <u>nicht</u> um eine Gemeinsamkeit der Pseudoskorpione und Skorpione?	18	Geht die Anzahl an Bodenorganismen stark zurück...
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	sie gehören zu den Spinnentieren sie besitzen einen Giftstachel am Hinterleib sie besitzen Scheren als Greiforgane Vorder- und Hinterleib sind nicht deutlich voneinander abgesetzt.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	...wird der Boden nährstoffärmer. ...wird der Boden sauberer. ...wird der Boden kalkreicher. ...wird der Boden nährstoffreicher.
19	Weshalb bevorzugt die konventionelle Forstwirtschaft die Nadelbaumarten Fichte und Kiefer im Wirtschaftswald?	20	Sie sollten einem Förster für die Zukunft raten,...
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	sie wachsen schneller sie werden dicker als andere Baumarten sie sorgen für mehr Vielfalt im Wald sie sehen schöner aus	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	...Totholz immer sofort aus dem Wald zu entfernen. ...auf eine Vielfalt an Baumarten zu achten. ...auf eine einzige Baumart zu setzen. ...nicht heimische Baumarten aus wärmeren Ländern anzupflanzen.
21	Weshalb ist es sinnvoll, nicht nur Fichten in Monokultur anzupflanzen?	22	Wie können die Auswirkungen des Klimawandels auf den Wald abgemildert werden?
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	Fichten sind sehr anspruchsvolle Bäume Pilze wachsen besser auf Laubbäumen Mischwälder sind anpassungs- und widerstandsfähiger Rehe und Wildschweine bevorzugen Laubbäume	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	gar nicht durch den Umbau in naturnahe, artenreiche Mischwälder durch den Anbau von Monokulturen durch den Anbau von Fichten
23	In einem konventionell bewirtschafteten Wald...	24	Was stimmt <u>nicht</u> ? Fichten werden in der Zukunft stärker durch...
<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	...ist die Biodiversität generell sehr hoch. ...ist die Biodiversität geschützt. ...ist die Biodiversität eher gering. ...ist die Biodiversität höher als im naturnahen Wald.	<input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>	...Sturmwurf gefährdet. ...Borkenkäferbefälle gefährdet. ...starke Niederschläge gefährdet. ...zu geringe Niederschläge gefährdet.

B) Beantworten Sie nun die folgenden Fragen zu ihrem Wissen.

**Es gibt immer nur 1 richtige Antwort, deshalb setzen Sie bitte nur 1 Kreuz pro Frage.
Wenn Sie die Antwort nicht wissen, kreuzen Sie die Frage nicht an!**

25	Biodiversität umfasst die Vielfalt innerhalb...
<input type="checkbox"/>	...der Arten.
<input type="checkbox"/>	...der Arten, Gene und Ökosysteme.
<input type="checkbox"/>	...der Arten und Gene.
<input type="checkbox"/>	...der Ökosysteme.

C) Bewerten Sie die folgenden Aussagen, indem Sie im entsprechenden Kreis 1 Kreuz setzen.

Folgender Aussage stimme ich ...		gar nicht zu	eher nicht zu	teilweise zu	eher zu	voll zu
		- -	-	+/-	+	++
1.	Wir müssen mehr Straßen bauen, damit die Menschen aufs Land fahren können.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Die Natur ist immer in der Lage, sich aus eigener Kraft wiederherzustellen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Unser Planet hat unbegrenzte Ressourcen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Wir müssen keine Gebiete schützen, um bedrohte Arten zu bewahren.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Die Menschen machen sich zu viele Gedanken über Umweltverschmutzung.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Die stille Natur draußen macht mich ängstlich.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Wir müssen Wälder roden, um Nutzpflanzen (z.B. Getreide) anzubauen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Menschen haben nicht das Recht, die Natur zu ändern, wie sie es für richtig halten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9.	Menschen sind nicht wichtiger als andere Lebewesen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10.	Um Wasser zu sparen, dusche ich anstatt zu baden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
11.	Schmutziger Industrierauch aus Kaminen macht mich wütend.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
12.	Die Menschheit wird aussterben, wenn wir nicht im Einklang mit der Natur leben.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
13.	Nicht nur Pflanzen und Tiere von wirtschaftlicher Bedeutung sollten geschützt werden.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
14.	Haustiere sind ein Teil der Familie.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

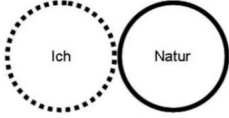
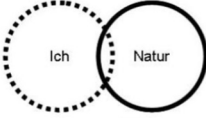
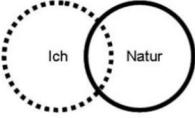
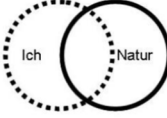
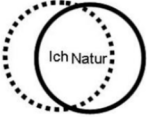
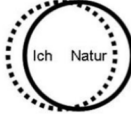

D) **Bewerten Sie die folgenden Aussagen, indem Sie im entsprechenden Kästchen 1 Kreuz setzen.**

Wie häufig führen Sie die folgenden Aktivitäten außerhalb der Schule aus?		nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
1.	Ich beobachte bewusst Vögel oder höre ihnen zu.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ich nehme mir Zeit, den Wolken beim Vorüberziehen zuzusehen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Ich nehme mir Zeit, um bewusst an Blumen zu riechen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Ich nehme mir bewusst Zeit, nachts die Sterne zu beobachten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Ich arbeite gerne im Garten.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Ich kümmere mich persönlich um Pflanzen.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Es entspannt mich, Naturgeräuschen zuzuhören.	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

E) Bewerten Sie die folgenden Aussagen, indem Sie im entsprechenden Kästchen 1 Kreuz setzen.

Folgender Aussage stimme ich ...		gar nicht zu	eher nicht zu	teilweise zu	eher zu	voll zu
		- -	-	+/-	+	++
1.	Tiere sind spannend	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ich lerne gerne etwas über Pflanzen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Der Ursprung und die Evolution des Lebens auf der Erde begeistern mich	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Ich würde gerne etwas über die Vererbung und den Einfluss der Gene auf unsere Entwicklung erfahren	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5.	Biologie ist wichtig	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6.	Jeder sollten ein Grundwissen über die Funktionen des menschlichen Körpers haben	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7.	Es ist wichtig, in der Schule etwas über Biologie zu lernen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8.	Es ist für Menschen notwendig, die Natur zu verstehen	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Wie häufig führen Sie die folgenden Aktivitäten außerhalb der Schule aus?		nie	selten	manchmal	oft	sehr oft
1.	Ich sammle kleine Wassertiere (z.B. Kaulquappen, Fische)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2.	Ich beobachte Tiere	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3.	Ich pflanze Samen und schaue ihnen beim Wachsen zu	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4.	Ich untersuche kleine Tiere und Pflanzen unter dem Mikroskop	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

**F) Schauen Sie sich die folgenden Kreise an! Wie verbunden fühlen Sie sich mit der Natur?
Setzen Sie ein Kreuz.**

 A <input type="checkbox"/>	 B <input type="checkbox"/>	 C <input type="checkbox"/>
 D <input type="checkbox"/>		
 E <input type="checkbox"/>	 F <input type="checkbox"/>	 G <input type="checkbox"/>

Geschafft! Bitte überprüfen Sie noch einmal, ob Sie alle Fragen und jede Seite dieses Fragebogens bearbeitet haben.

Vielen Dank, dass Sie an der Befragung teilgenommen haben.

(Eidesstattliche) Versicherungen und Erklärungen

(§ 8 Satz 2 Nr. 3 PromO Fakultät)

Hiermit versichere ich eidesstattlich, dass ich die Arbeit selbstständig verfasst und keine anderen als die von mir angegebenen Quellen und Hilfsmittel benutzt habe (vgl. Art. 64 Abs. 1 Satz 6 BayHSchG).

(§ 8 Satz 2 Nr. 3 PromO Fakultät)

Hiermit erkläre ich, dass ich die Dissertation nicht bereits zur Erlangung eines akademischen Grades eingereicht habe und dass ich nicht bereits diese oder eine gleichartige Doktorprüfung endgültig nicht bestanden habe.

(§ 8 Satz 2 Nr. 4 PromO Fakultät)

Hiermit erkläre ich, dass ich Hilfe von gewerblichen Promotionsberatern bzw. –vermittlern oder ähnlichen Dienstleistern weder bisher in Anspruch genommen habe noch künftig in Anspruch nehmen werde.

(§ 8 Satz 2 Nr. 7 PromO Fakultät)

Hiermit erkläre ich mein Einverständnis, dass die elektronische Fassung der Dissertation unter Wahrung meiner Urheberrechte und des Datenschutzes einer gesonderten Überprüfung unterzogen werden kann.

(§ 8 Satz 2 Nr. 8 PromO Fakultät)

Hiermit erkläre ich mein Einverständnis, dass bei Verdacht wissenschaftlichen Fehlverhaltens Ermittlungen durch universitätsinterne Organe der wissenschaftlichen Selbstkontrolle stattfinden können.

.....
Ort, Datum, Unterschrift